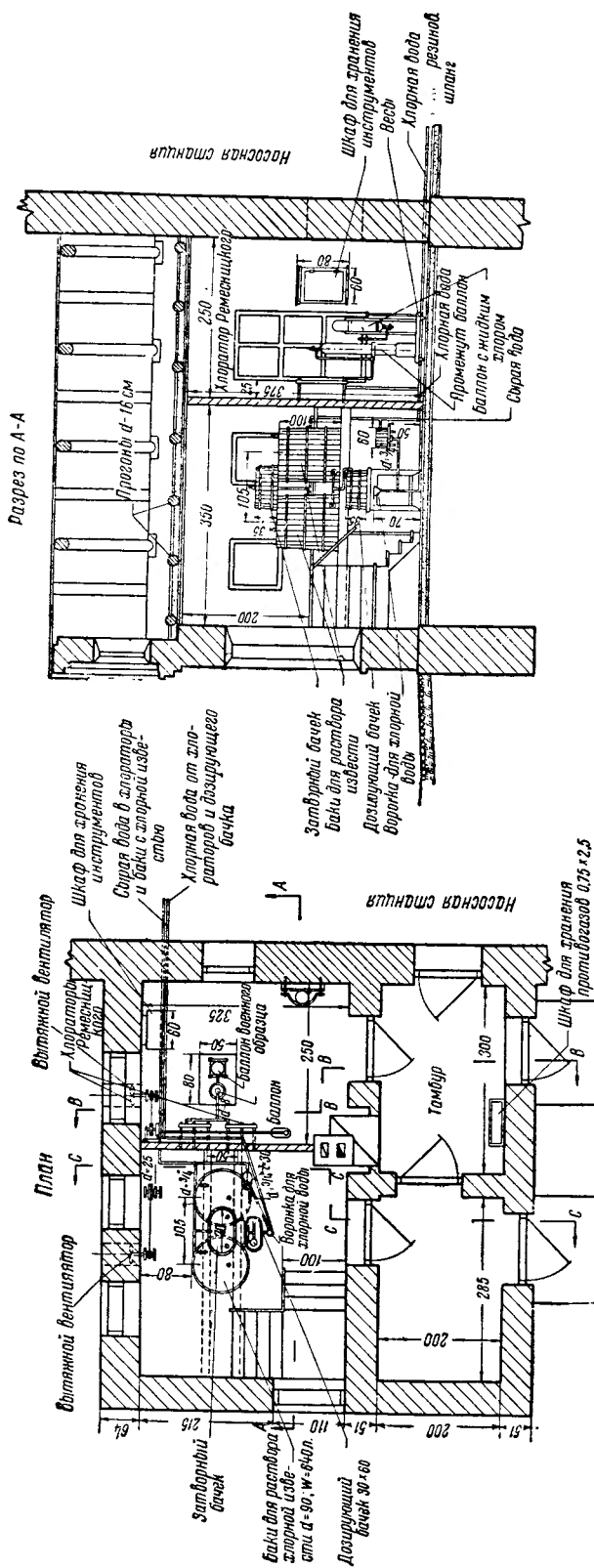


VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM



Фиг. 385

нии (отсутствие должной чистоты в помещении при растворении) и т. д., поэтому хлорная известь для большинства станций обработки воды в настоящее время не имеет применения. Для мелких станций и в частности для водоснабжения на жел.-дор. транспорте хлорирование хлорной известью найдет еще широкое применение и как самостоятельный метод и как резерв к устройствам для хлорирования жидким хлором.

Стоимость хлорирования весьма низка, и потому даже при относительно небольшом расходе воды на питьевые нужды, при наличии на станциях железной дороги общей сети труб или общего водовода от насосной станции в ряде случаев может представиться целесообразным хлорирование всей воды.

На фиг. 385 показаны устройства для хлорирования 200—250 м³/ч воды хлорной известью и газом, размещенные в пристройке к насосной станции. Детали устройства ясны из фигур.

§ 36. Хлорирование газообразным (жидким) хлором

Хлор — газ с удушливым запахом, при охлаждении или повышении давления превращается в жидкость. Переход газа в жидкость (или жидкости в газ) происходит при различных давлениях в зависимости от температуры, например, при температуре —33,6° при давлении 1 ат, при 0° — 3,6 ат, при 20° — 6,5 ат и т. д. Хлор примерно в 2,5 раза тяжелее воздуха.

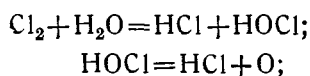
Растворимость хлора в воде уменьшается с повышением температуры воды.

При температуре воды	0°	растворимость	1,46% (по весу)
»	»	10°	» 0,98% » »
»	»	15°	» 0,85% » »
»	»	20°	» 0,72% » »
»	»	30°	» 0,57% » »
»	»	40°	» 0,46% » »

При нагревании воды с содержанием хлора последний из нее выделяется. Жидкий хлор представляет собой маслянистую жидкость желтовато-зеленого цвета с удушливым запахом; он в больших количествах получается на заводах из хорошо высушенного газообразного хлора путем одновременного его охлаждения и сжатия. При отсутствии в хлоре влаги он на многие металлы не действует разъедающим образом. Согласно стандарту содержание влаги в жидком хлоре должно быть не более 0,06%; хлор должен быть чистым, без примесей; он сохраняется и транспортируется в стальных баллонах. Вес хлора в баллоне около 25 кг. Характерный неприятный, удушливый и раздражающий запах хлора при герметичности дозирующих приборов не чувствуется. В то время как хлорная известь не обладает большой прочностью и разлагается, жидкий хлор в баллонах сохраняет свою активность без изменения.

Для точного и равномерного введения хлорного газа в воду и хорошего смешивания его с водой даже при минимальных дозах существует специальная аппаратура — хлораторы.

Реакция при введении хлора в воду представляется в следующем виде: хлор, соединяясь с водой, образует соляную и хлорноватистую кислоту; последняя разлагается с образованием соляной кислоты и выделением свободного кислорода



образовавшаяся соляная кислота связывается с карбонатами, а кислород действует как окислитель и умерщвляет бактерии.

Доза хлора при хлорировании фильтрованной воды до 0,5 мг/л, при хлорировании необработанной воды выше. Вообще при определении потребной дозы хлора, зависящей от содержания в воде органических, гуминовых и прочих веществ, от характера предварительной обработки, места хлорирования в общей схеме (предварительное, окончательное, двойное) и т. д., ориентируются на свободный хлор в воде после достаточного контакта его с водой (около 20—30 мин.). Можно ориентироваться на величину остаточного хлора в воде после фильтров около 0,2 мг/л; в сети могут быть лишь следы хлора и во всяком случае не более 0,1 мг/л.

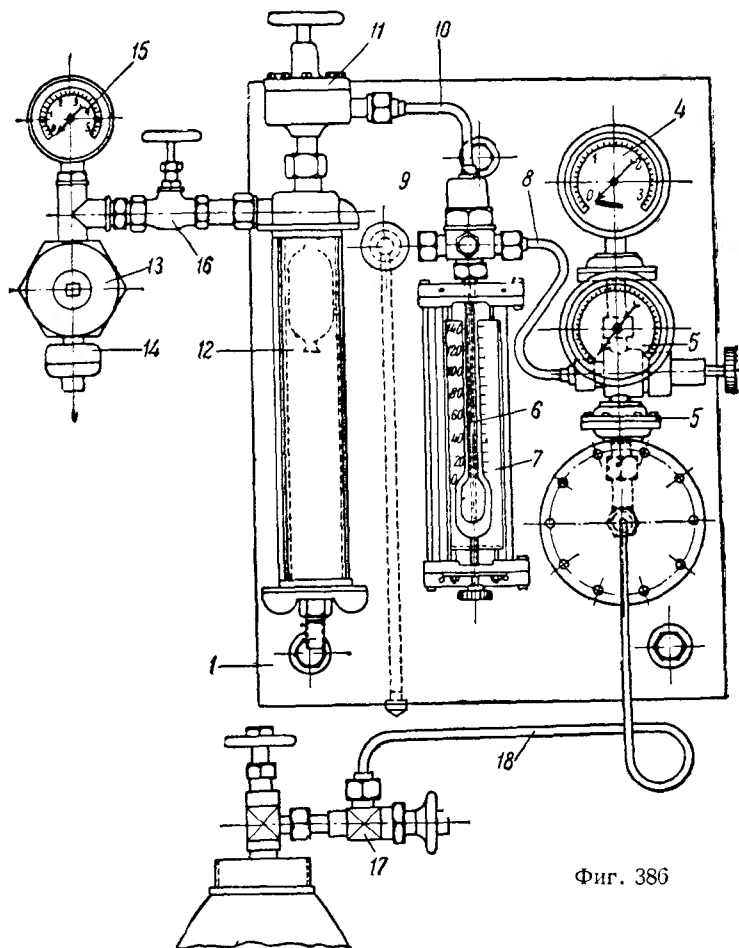
Остаточный хлор определяется добавлением в воду раствора иодистого калия, соединяющегося с хлором; выделяющийся при этом иод легко обнаруживается раствором крахмала, окрашиваемым иодом в синий цвет.

Американцы применяют способ контроля хлора ортотолеидом, дающим с хлором лимонножелтую окраску. Он весьма чувствителен даже к очень малым дозам хлора (0,01 мг/л).

Испытываемую воду наливают в пробирку, на каждые 10 см³ приливают одну каплю ортотолеидина и наблюдают окраску смеси. Лимонножелтый цвет указывает на достаточную дозу хлора; оранжево-желтый или густой лимонно-желтый — на избыток хлора; отсутствие окраски или слабая лимонная окраска свидетельствуют о недостаточности дозы хлора. Количественное определение хлора в контролируемой воде возможно при сравнении получаемой окраски с окраской заранее приготовленных стандартов.

Хлораторы. Хлораторами называются приборы для дозирования газообразного хлора и введения его в воду. Хлораторы могут быть непрерывного действия и порционные, дающие определенную порцию газа для одновременного введения его в воду. Первые в свою очередь делятся на напорные, в которых газ

находится под давлением, большим атмосферного, и вакуумные, в которых он находится под давлением, меньшим атмосферного, на стационарные и переносные и т. д. В СССР получили распространение хлораторы Ремесницкого и Кульского. Хлоратор Ремесницкого представлен на фиг. 386. Он изготовляется для расхода газа от 25 г/ч до 1 кг/ч и более (специальные конструкции — до нескольких десятков килограммов хлора в час).



Фиг. 386

1—мраморная доска, 2—редукционный клапан, 3—регулирующий кран, 4—манометр низкого давления, 5—манометр высокого давления, 5^а—фильтр, 6—измеритель количества хлор, 7—предохранитель к измерителю, 8—трубка, соединяющая регулирующий кран с измерителем, 9—спускной кран со спускной трубкой, 10—трубка, соединяющая измеритель хлора с обратным клапаном, 11—обратный клапан, 12—смеситель, 13—редукционный клапан для воды, 14—фильтр для воды, 15—манометр, 16—запорный кран для воды; 17—запорный вентиль; 18—трубка, соединяющая запорный вентиль с фильтром.

При открытии вентиля 17 баллона, в котором находится жидкий хлор, последний, выходя из баллона, превращается в газ; редукционный клапан аппарата 2 снижает давление газа (5 — 6 ат) до определенного более низкого давления (1 — 1,5 ат). Особо устроенный измерительный прибор 6, состоящий из двух, вставленных друг в друга трубок, измеряет количество проходящего хлора. Последний в смесителе 12 растворяется в незначительном количестве притекающей сюда воды. Полученный раствор хлорного газа или хлорная вода непосредственно и непрерывно подводится к обрабатываемой воде.

Существенным элементом установки являются баллоны. Обычно это стандартные стальные баллоны с вентилем для выпуска газа вверх и длинной (не доходящей до низа) сифонной трубкой внутри. Такой баллон во время работы нужно устанавливать вентилем вниз, при этом в трубку и далее к хлоратору

будет идти газ. Из баллона может расходоваться не более 500 г/ч хлора. Увеличение расхода хлора, т. е. усиленное превращение жидкого хлора в газ, ведет к поглощению значительного количества тепла, вследствие чего стенки баллона, трубки и пр. сильно охлаждаются и покрываются инеем. При больших расходах хлора устанавливают несколько баллонов, соединенных с коллектором. Последний в простейшем виде представляет собой продольный брусок латуни с каналом диаметром 15 — 20 мм в середине и несколькими поперечными каналами диаметром 8 — 10 мм; к этим каналам присоединяются трубки, ведущие к баллонам и хлоратору. Хлор можно перепускать из одного баллона в другой; для этой цели баллон, из которого перепускают хлор, необходимо подогреть.

Для предупреждения попадания в хлоратор жидкого хлора целесообразно устанавливать промежуточный пустой баллон; в нем жидкость превращается в газ и осаждаются частицы, загрязняющие хлор, если таковые имеются. Из промежуточного баллона газ поступает в хлоратор.

Вакуумный хлоратор системы Б. М. Ремесницкого

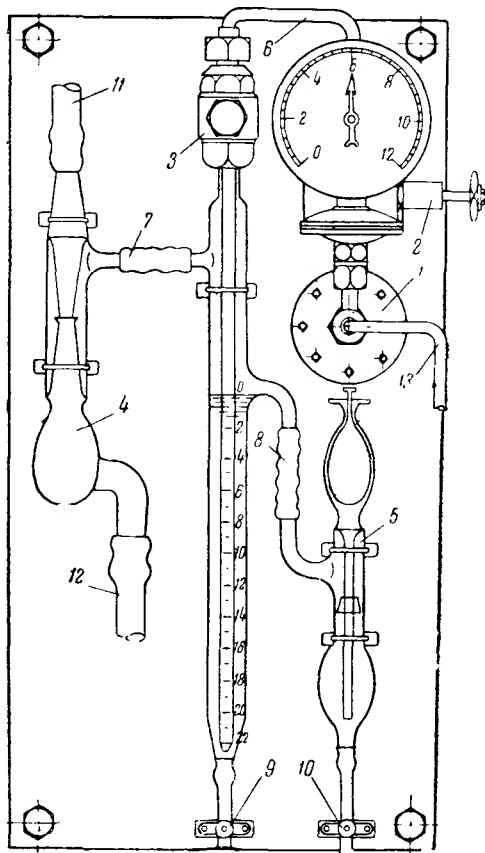
Вакуумный хлоратор занимает в заграничной практике большое место. Схема вакуумного хлоратора системы Б. М. Ремесницкого, изготовленного в СССР, представлена на фиг. 387. Этот хлоратор состоит из редукционного клапана 1, регулирующего вентиля 2, измерителя количества хлора 3, эжектора — водоструйного насосика 4, предохранителя 5.

Хлор из стального баллона по медной трубке 13 подводится к редукционному клапану 1, служащему для поддержания постоянного давления. Пройдя редукционный клапан, хлор поступает под постоянным давлением к головке измерителя 3, указывающего расход хлора, производит давление во внутренней трубке измерителя и через капилляр проходит в верхнюю часть наружной трубки измерителя, образуя пространство, из которого происходит засасывание хлора эжектором.

Эжектор, засасывая хлор из всасывающей камеры — верхней части измерителя 3, создает в аппарате вакуум; благодаря этому в хлорную камеру, образуемую верхней частью измерителя, через предохранитель 5 поступает из помещения некоторое количество воздуха. В эжекторе хлор смешивается с водой; хлорная вода отводится к месту хлорирования.

Предохранитель 5 служит для защиты от проникновения хлора из хлорной камеры измерителя в помещение в том случае, если в этой части измерителя вместо вакуума, имеющего место при нормальной работе аппарата, образуется хотя бы незначительное избыточное давление.

Такое давление в хлорной камере измерителя может образоваться в случае, если остановится или уменьшится приток воды в эжектор и уменьшится его засасывающее действие и если в измеритель внезапно поступит количество хлора, в несколько раз большее нормального.

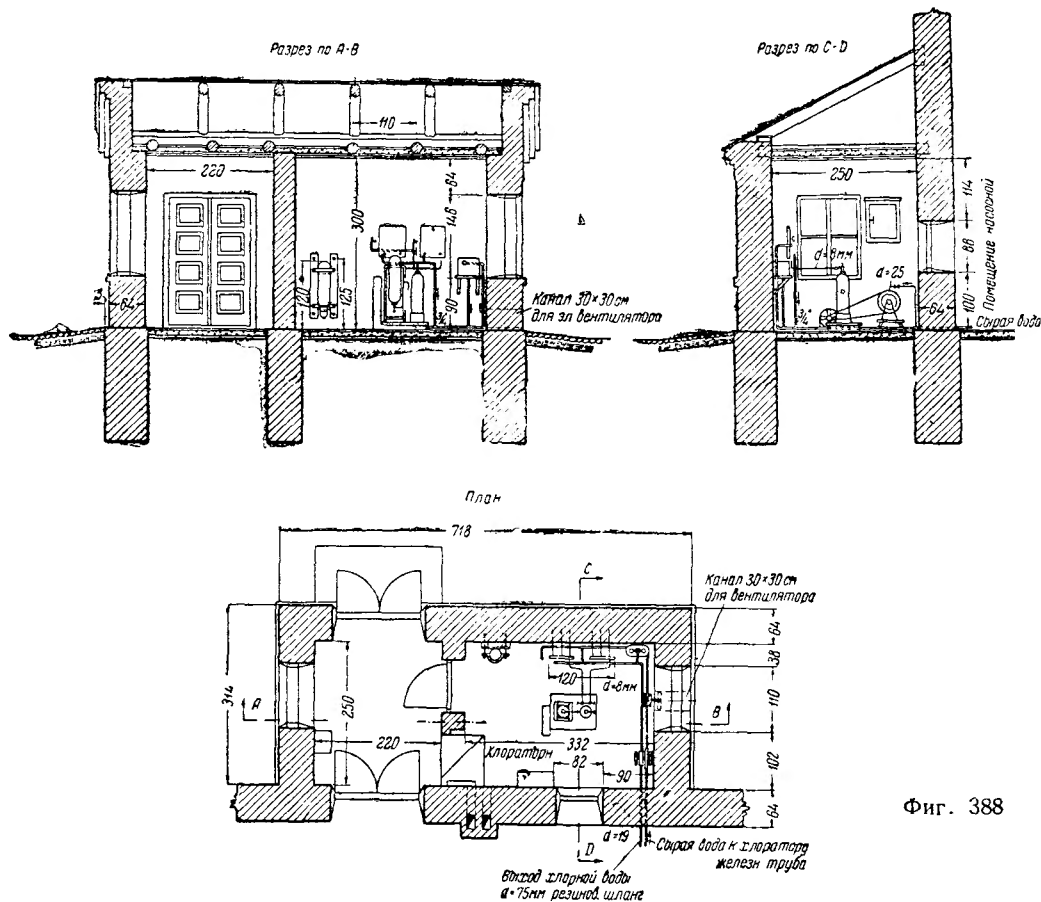


Фиг. 387

В том и другом случаях эжектор не способен засосать весь хлор, поступающий через регулирующий кран в хлорную камеру измерителя, но тогда закроется предохранитель вследствие давления хлора, и хлор не проникнет из аппарата в помещение.

Регулирующий клапан 2 соединен с измерителем 3 медной трубкой 6. Измеритель 3 соединен с эжектором и с предохранителем резиновыми трубками 7 и 8. Нижние концы наружной трубки измерителя и предохранителя снабжены резиновыми отводами с зажимами 9 и 10. Все перечисленные части собраны на мраморной доске размером 520 × 330 мм.

Вода к эжектору хлоратора подводится из водопроводной напорной линии, соединяющейся с эжектором резиновой трубкой 11. От эжектора хлорная вода к месту хлорирования отводится резиновым шлангом 12.



Эжектор подобран так, что может засосать большее количество хлора, чем то количество, которое поступает в хлорную камеру, и потому засасывает через предохранитель еще некоторое количество воздуха.

Хлорный газ, проходя через капилляр, вставленный в металлическую головку измерителя (на фиг. 387 не показан), теряет часть своего давления, поэтому оно в трубках измерителя разное. Величина разности уровней воды в трубках служит показателем расхода хлора в данный момент (измеритель вакуумного хлоратора заполняется водой в отличие от измерителей обычных хлораторов, заполненных четыреххлористым углеродом).

Аппарат допускает возможность регулировать расход хлора без смены капилляра в шестикратных пределах, т. е. позволяет устанавливать максимальный часовой расход в 6 раз больше минимального.

В тех случаях, когда приходится изменять расход хлора в более значительной степени, необходимо менять капилляр в головке измерителя.

Вакуумный хлоратор обладает следующими основными свойствами:

1) при работе во всех частях хлоратора, расположенных после редукционного клапана, создается вакуум, благодаря чему невозможна утечка хлора из аппарата в окружающую атмосферу;

2) он дает возможность дозировать хлор в пределах вполне достаточной точности, необходимой для хлорирования питьевых вод.

На фиг. 388 представлена типовая хлораторная установка для хлорирования до 200 м³/ч воды, размещенная в помещении, пристроенном к насосной станции.

Установка хлоратора и уход за ним. Хлоратор устанавливается на расстоянии 20 — 25 см от стены на высоте примерно 1,5 м от пола. Хлорная вода отводится эбонитовыми или резиновыми трубками. Баллон устанавливается в металлическом станке на весах, рядом устанавливается резервный баллон. Просачивание хлора может быть обнаружено или по запаху или ватой, пропитанной нашатырным спиртом, подносимой к отдельным частям хлоратора; при соединении хлора с нашатырным спиртом образуются белые пары хлористого аммония. В работе хлоратора могут быть ненормальности, как то: засорение капилляра, закупорка прохода для газа в трубках измерителя, закупорка фильтра, редукционного клапана, трубок и т. д. Ненормальности требуют немедленного устранения, так как перебои в хлорировании могут вызвать серьезные последствия¹.

§ 37. Практика хлорирования

Практика хлорирования разнообразна. В ряде случаев вода подвергается хлорированию на насосных станциях первого подъема. При осветлении воды чаще всего хлорируют воду, прошедшую очистные сооружения, при этом расход хлора незначителен (0,2 — 0,5 мг/л); однако в случае перебоев в хлорировании в сеть может попасть вода, не освобожденная от бактерий.

Хлорирование воды после отстойника перед фильтрами требует больших доз хлора, ибо хлоропоглощаемость песка значительна. Этот способ хлорирования мало распространен, однако, в ряде случаев такой способ хлорирования привел к улучшению работы фильтров (улучшение состояния песка, уменьшение склонности к образованию грязевых отложений и уменьшение расхода промывной воды). Предварительное хлорирование необработанной воды требует больших доз хлора, однако, это может повести не только к улучшению работы фильтров, но и к экономии коагулянта.

В настоящее время нередко применяется двойное хлорирование. Первую дозу хлора вводят в необработанную воду или после ее отстоя, вторую — в фильтрованную воду; такое двойное хлорирование при относительно небольших дозах хлора дает удовлетворительный эффект и (благодаря действию хлора на органические вещества) некоторую экономию на коагулянте.

Хлоропоглощаемость воды зависит от химического состава воды, примесей в воде, мутности, температуры и пр. При большем времени контакта доза хлора может быть несколько меньшей (в определенных пределах дозировки, ниже которых обеззараживающее действие хлора недостаточно). Минимальное время контакта около 30 мин.

Необходимое время контакта может быть снижено при хорошем перемешивании воды с хлором (например в центробежном насосе). Помимо обеззараживающего действия хлор понижает содержание органических веществ, обесцвечивает воду, богатую гуминовыми веществами. При наличии железа, находящегося в органических соединениях в водах, богатых гуминовыми веществами, и при трудности удаления этого железа прибавление к воде хлора, переводящего железо в легко устранимое соединение, позволяет легче осуществить обезжелезивание. Хлорируя воду значительными дозами, ее реакцию несколько перемещают в сторону кислотности. Известны единичные случаи

¹ По эксплуатации хлораторов имеется достаточное количество пособий.

(при мягких водах), когда перед подачей хлорированной воды в водовод ее в интересах защиты труб раскисляли добавлением щелочей. Естественно, следует иметь в виду, что обычное окислительное действие раствора хлора малых концентраций крайне слабо; бороться против ничтожной кислотности не имеет смысла, — природная щелочность воды ее перекроет. Хлор в некоторых случаях уничтожает мельчайшие водоросли, загрязняющие фильтры в период «цветения» воды.

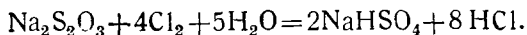
§ 38. Дехлорирование. Устранение из воды привкусов и запахов

Хлорирование должно вестись таким образом, чтобы поступающая в сеть вода не содержала свободного хлора. Наличие последнего может быть лишь в виде следов и не более 0,1 мг/л. Вследствие недостаточного контакта, колебаний расхода воды, недосмотра обслуживающего персонала и т. д. в отдельных случаях в воде, поступающей в сеть, может оказаться свободного хлора больше; последний может служить одной из причин ухудшения вкуса воды и появления неприятного запаха. Вода, поступающая в паровозный котел, не должна содержать свободного хлора.

При наличии в воде, поступающей к потребителю, остаточного хлора более 0,1 мг/л, а практически при наличии значительных доз остаточного хлора на самой станции обработки воды хлор необходимо нейтрализовать. Процесс нейтрализации хлора носит название дехлорирования.

При этом свободный хлор переходит в связанный.

В СССР для дехлорирования воды используют серноватистокислый натрий $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ — гипосульфит. Процесс может быть представлен реакцией:

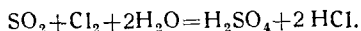


Доза $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ — около 0,85 мг на 1 мг хлора. В продажном гипосульфите может содержаться $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в пределах 30 — 50%. Установка для дехлорирования проста. В баке приготавливают крепкие растворы, перемешивая отвешиваемое количество гипосульфита в подогретой воде; из крепких растворов готовят 1 — 2%-ный раствор, вводимый в воду лишь в случае надобности. Раствор гипосульфита в необходимых дозах должен вводиться в резервуар чистой воды или в трубопровод, отводящий воду из этого резервуара, и т. д.; излишние дозы его могут в свою очередь вызвать неприятный привкус.

Несмотря на общее употребление для целей дехлорирования гипосульфита (вообще бактериально чистого) необходимо отметить, что растворы последнего, будучи безвредными, являются средой благоприятной для жизнедеятельности бактерий, могущих попасть в раствор при его приготовлении. Вследствие этого санитарной точки зрения применение гипосульфита, вводимого в обеззараженную воду, нежелательно, если не употреблять свежеприготовленные растворы и притом слегка прокипяченные. На больших установках лучше применять более крепкие растворы.

За границей для нейтрализации хлора употребляют еще сернокислый натрий Na_2SO_3 и сернистый газ SO_2 .

Реакция имеет вид:



Сернистый газ хорошо растворяется в воде.

Опыты, поставленные в СССР, дали положительные результаты. Сернистый газ в жидком виде хранится и перевозится в баллонах, дозирование раствора его в воде может производиться аппаратами типа хлораторов.

Привкусы и запахи могут появиться в воде при хлорировании, при значительном избытке свободного хлора или вследствие некоторых свойств обрабатываемой воды, приобретаемых ею в результате загрязнений водоемов стоками фабрик и заводов, если эти стоки содержат в своем составе фенолы, крезолы, их производные и ряд других веществ. Достаточно соединиться в воде ничтожным количествам хлора с фенолом в тысячных и сотых миллиграмм на литр, чтобы в результате образования хлорофенолов получились неприятные привкусы и запахи; последние могут быть вызваны также жизнедеятельностью некоторых видов микрофлоры водоема.

К числу методов устранения привкусов и запахов при обработке питьевых вод относятся:

- 1) суперхлорирование (перехлорирование) воды с последующим дехлорированием;
- 2) предварительная аммонизация (преаммонизация);
- 3) обработка воды растворами KMnO_4 ;
- 4) обработка воды на угольных фильтрах (активированный уголь);
- 5) введение в воду порошкообразного активированного угля.

С у п е р х л о р и р о в а н и е

Суперхлорирование воды — хлорирование большими дозами (1 — 3 мг/л) — позволяет перевести соединения хлора с фенолом, или хлорофенолы, дающие запахи, в соединения, называемые полихлорофенолами, не обладающие такими запахами. Избыток хлора устраняется дехлорированием. Способ этот требует продолжительного контакта воды с хлором (иногда в течение нескольких часов). Он имеет распространение в США.

Однако при наличии в воде фенолов рекомендовать его применение следует с большой осторожностью, так как малейшие неполадки в эксплуатации приводят к резкому ухудшению качества воды.

Перехлорирование с последующим дехлорированием может в отдельных случаях применяться для большей надежности хлорирования независимо от наличия привкусов и запахов.

П р е а м м о н и з а ц и я

Преаммонизация — предварительное (перед хлорированием) введение в воду аммиака или некоторых его соединений. В результате ряда исследований установлено, что преаммонизация приводит: а) к устраниению запахов избыточного хлора, б) к некоторому устраниению хлорофенольных запахов и привкусов и предупреждению их появления, в) к уменьшению необходимых доз хлора в то время как действие хлора становится более длительным.

Необходимые дозы хлора и аммиака или его соединений зависят от качества воды, ее температуры, pH, количества органических веществ и взвеси и т. д. и должны определяться в каждом отдельном случае опытным путем.

Табл. 18 отражает опыт преаммонизации воды р. Днепр¹.

Т а б л и ц а 18

pH	Окисляемость	Количество вводимого Cl_2 и NH_3	Время контакта воды с реагентами	Остаточный хлор в мг/л	Поглощенный хлор в мг/л	Поглощение хлора в %
8,1—7,8	11,7 мг O_2	Хлор 1 мг/л	10 мин.	0,46	0,54	54
			1 ч. 30 м.	0,38	0,62	62
			3 часа	0,25	0,75	75
8,1—7,8	11,7 мг O_2	0,42 мг/л NH_3 , через 20 сек. прибавлено 1 мг Cl_2	10 мин.	0,85	0,15	15
			1 ч. 30 м.	0,60	0,40	40
			3 часа	0,53	0,47	47

Как видно из таблицы, в присутствии NH_3 хлоропоглощаемость воды уменьшается, следовательно, доза хлора для получения того же обеззараживающего эффекта может быть значительно меньшей.

¹ Заимствовано из работы д-ра С. С. Гаухман. Экспериментальные данные по хлорированию воды р. Днепр с преаммонизацией.

При преаммонизации в воде образуются хлорамины NH_2Cl и другие, действующие на бактерии активнее хлора, уменьшающие способность хлора соединяться с содержащими фенол веществами и обладающие большей стойкостью; в результате этого обеззараживающее действие хлора становится более длительным.

Для преаммонизации помимо аммиака или его растворов может быть использован сернокислый аммоний $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; дозы последнего должны быть установлены независимо от установленных доз NH_3 .

Для некоторых средних условий эти дозы, считая на аммиак, могут составлять примерно 0,5 от дозы хлора.

На ряде водопроводов СССР преаммонизация уже внедрена. Аммиак, так же как и хлор, получается с заводов в стальных баллонах. Дозирование впредь до производства специальных аппаратов может осуществляться обычными хлораторами с незначительными изменениями в них (медные части заменяются железными). Аппараты для преаммонизации могут быть установлены в одном помещении с хлораторами. Доза аммиака устанавливается опытным путем в первые же дни эксплуатации; для предварительного расчета можно принять ее равной 0,5 мг/л. Соотношения количества аммония и хлора, соответствующие промежутки времени между их введением в воду и пр. должны устанавливаться в каждом отдельном случае. Известны случаи применения растворов хлорамина вместо применения отдельно аммиака и затем хлора. Хлорамин может получаться при обработке слабых растворов хлора раствором аммиака. На малых установках может быть целесообразным применение аммиака в виде соли (сульфат аммония).

Обработка воды растворами KMnO_4

В США в последние годы перед хлорированием или одновременно с ним применяли марганцевокислый калий. Для вод высокой чистоты этот способ не может быть применен, так как не исключена возможность приобретения водой некоторой цветности.

Обработка воды на угольных фильтрах

Активированный уголь представляет собой продукт, получаемый специальной обработкой дерева, торфа, бурого угля и пр. Это — аморфный уголь с очень большим количеством пор, т. е. с большой внутренней поверхностью.

Как известно, активированный уголь обладает свойством поглощать (адсорбировать) газы и растворенные в воде красящие вещества. Применение активированного угля находит себе место и при устранении из воды привкусов и запахов. Фильтры, загруженные углем с зернами 1 — 3 мм, используются для поглощения в них хлора и хлорофенолов, обуславливающих запахи и привкусы. Перед напуском на угольные фильтры вода должна быть освобождена от взвешенных веществ, что достигается отстаиванием и фильтрацией, а органические гуминовые вещества разрушаются хлором. Такая предварительная обработка воды необходима во избежание быстрого загрязнения фильтра.

Действие активированного угля постепенно ослабевает, и тогда необходима его регенерация.

Регенерация фильтра с активированным углем требуется довольно редко в зависимости от предварительной обработки воды, поступающей на фильтры. Регенерация производится обратной промывкой водой и раствором соды с интенсивностью $15 - 18 \frac{\text{л/м}^2}{\text{сек}}$; продолжительность промывки 30 — 50 мин. Кроме промывок время от времени требуется пропаривание угля паром. Скорость фильтрации обычно очень большая — 50 — 60 м/ч и выше; чем мельче уголь, тем скорость фильтрации меньше (известны установки со скоростью более 150 м/ч при крупности угля 2 — 4 мм).

Потеря угля на истирание и пр. составляет 5 — 15% в год.

Угольные фильтры представляют собой разновидность напорных фильтров. Диаметр фильтра до 3 м. Уголь поддерживается слоями гравия, ниже которого расположен трубчатый дренаж с сосунками. В некоторых конструкциях фильтров уголь прикрыт сеткой. Трубы и металлические части — из специальных сплавов или покрыты специальными лаками. Для той же цели может быть применен и обыкновенный древесный уголь, но, естественно, эффект его работы меньший.

Обработка воды угольным порошком

В США угольную пыль часто вводят в отстойники, сочетая коагуляцию с углевани-
нием.

Пылевидный углерод обычно подается механизмами в небольшой бункер, эжектором перемещается (с водой) к месту введения в обрабатываемую воду (смесители, отстойник, трубопроводы, ведущие воду с отстойников на фильтр). Дозы в зависимости от качества воды и места введения в воду от 1—2 до 10—20 мг/л. В СССР известны случаи использования угольного порошка (в одном случае он вводился перед фильтрами).

ГЛАВА V

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПОСТРОЙКЕ СТАНЦИЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

§ 39. Выбор месторасположения станции обработки воды

Станция обработки воды чаще всего располагается вблизи места забора воды и лишь сравнительно редко в центре населенного места (в городе, у жел.-дор. станции и т. д.).

Выбор наилучшего варианта должен дать наиболее удобный в эксплуатации комплекс сооружений при наименьшей строительной стоимости и при наиболее дешевой эксплуатации. Выбор этот основывается на следующем:

1) расположение станции обработки воды (речной) вблизи источника делает излишним значительный подъем (5—10%) воды, идущей на промывку фильтров, отстойников и пр., как это имеет место в случае расположения станции вдали от источника;

2) спуск промывной воды в реку упрощается; дорогостоящие сооружения канализации, как это могло бы иметь место при расположении станции обработки вдали от источника, почти отсутствуют;

3) устраняется нередко имеющее место излишнее перемещение масс воды. Так, например, если трасса водовода станции первого подъема по пути к станции обработки воды пересекает населенное место (поселок), к которому необходимо подвести питьевую воду, то необходимо двойное перемещение воды в одном и другом (обратном) направлении; при расположении очистных сооружений у источника это не имеет места (поселок снабжается водой ответвлением от водовода чистой воды);

4) участок под сооружения у реки вдали от населенного места представляет иногда меньшую ценность.

Преимуществами варианта расположения станции обработки воды в центре населенного места (у жел.-дор. станции и т. д.) могут быть упрощение подвозки реагентов и в некоторых случаях большая обеспеченность надзора и контроля.

В каждом отдельном случае вопрос решается с учетом местных условий.

§ 40. Планировка и компоновка сооружений для обработки воды

Правильное решение компоновки станций обработки воды является основным элементом рационального проектирования. Компоновка сооружений должна предусматривать:

а) наименьшую строительную стоимость и лучшее использование участка под станцию;

б) правильное использование рельефа участка, наименьший объем земляных работ с максимальным использованием вынудой земли для обсыпки сооружений; не должно быть излишне высоких сооружений и не вызываемых необходимою дополнительных перекачек;

в) возможность расширения сооружений при бесперебойной эксплуатации ранее выстроенных;

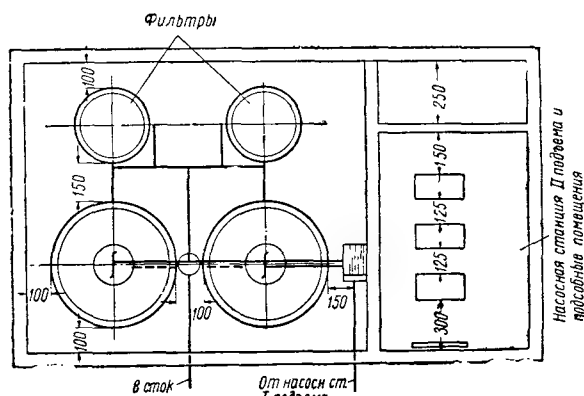
г) равномерное распределение воды по сооружениям;

д) наименьшее протяжение труб и каналов при обеспеченности намеченного распределения воды по сооружениям; при этом не должно быть излишних поворотов и ломаных линий для трубопроводов;

е) простоту и удобство обслуживания сооружений и отдельных устройств минимальным штатом;

ж) минимальную себестоимость обработки 1 м³ воды;

з) недопустимость излишнего заглубления водоводов и фундаментов сооружений более, чем это диктуется глубиной промерзания;



Фиг. 389

и) возможное использование стен отстойников, фильтров и т. д. для возведения здания, перекрытий и пр.;

к) компактность в расположении отдельных элементов сооружений, улучшающую контроль за отдельными процессами;

л) возможно меньшие потери напора в сооружениях.

Компоновка сооружений дается после решения ряда схем и принципиальных вопросов, проведения основного расчета и определения размеров всех основных элементов

очистных сооружений. К числу таких относятся вопросы:

а) о типах сооружений (вертикальные или горизонтальные отстойники);

б) о способе и месте приготовления растворов (коагулянт, хлорная известь, известь и пр.);

в) о принимаемом способе промывки фильтров (резервуар, насосы);

г) о необходимых подсобных помещениях и т. д.

Как уже указывалось, для станций производительностью до 30 000 м³ в сутки в подавляющем большинстве случаев целесообразнее проектировать вертикальные отстойники. Решение вопроса должно сопровождаться технико-экономическими расчетами.

В зависимости от способа промывки фильтров проектируется высоко расположенный резервуар в здании фильтров с установкой внизу небольших насосов для подкачки воды в этот резервуар с ответвлением к нему воды от напорной линии насосов второго подъема или предусматривается установка мощных насосов, осуществляющих промывку непосредственно. При близости насосной станции второго подъема эти мощные насосы целесообразно выносить в здание насосной станции; при подходящем рельефе местности при наличии возвышенности резервуар для промывки фильтров можно вынести за здание фильтров и т. д.

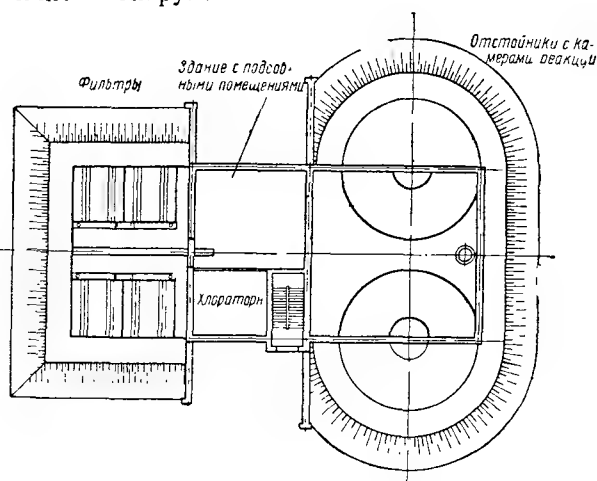
Трубопроводы, каналы, арматуру камер реакции, отстойников и особенно фильтров необходимо размещать так, чтобы обеспечить удобство обслуживания. При компоновке станции важно предусматривать необходимые подсобные помещения. Ниже представлены некоторые типы компоновок станций обработки воды.

На фиг. 389 дана примерная компоновка станции производительностью до 2 500 м³ в сутки; отстойники и фильтры расположены в здании; в том же здании располагаются и насосы второго подъема.

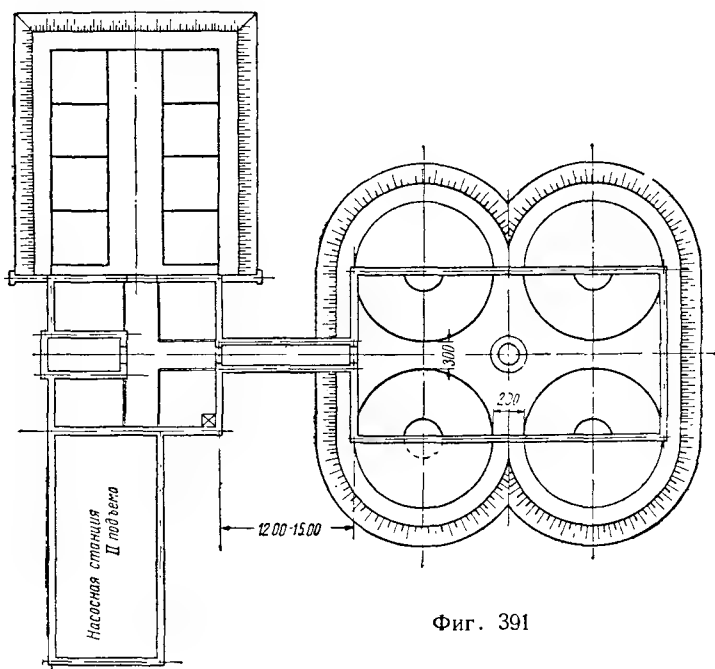
На фиг. 390, 391 и 392 даны примерные компоновки станций производительностью от 2 500 до 10 000 м³ в сутки или несколько более; сооружения располагаются в здании лишь частично и снаружи обсыпаны землей. Подсобные помещения размещаются в здании между фильтрами и отстойниками. Здесь хорошо обеспечивается расширение станции.

В отдельных случаях (фиг. 391) насосная станция второго подъема объединяется с очистными сооружениями. На фиг. 393 дана примерная компоновка станции производительностью 10 000—20 000 м³ в сутки. На фиг. 394 показана примерная компоновка станции производительностью более 20 000 м³ в сутки, а на фиг. 395 — компоновка крупной станции с горизонтальными отстойниками.

Взаимное расположение сооружений может быть принято в зависимости от намечаемой очередности постройки и условий расширения сооружений, рельефа участка и других местных условий.



Фиг. 390



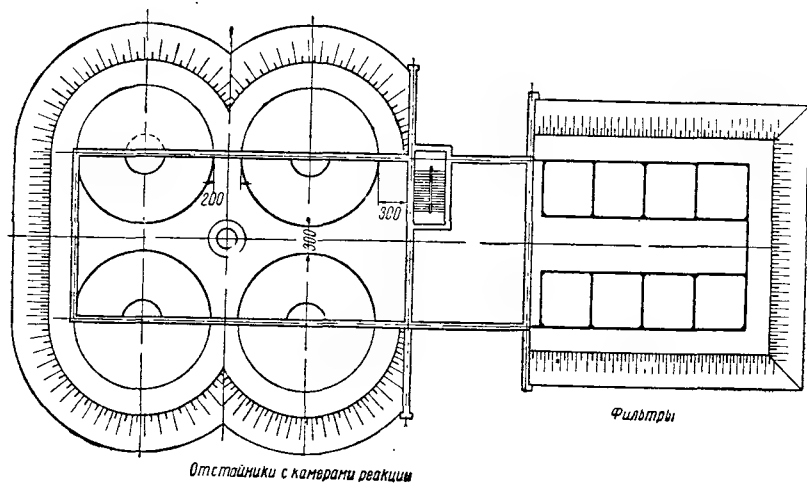
Фиг. 391

§ 41. Общие соображения к постройке станции обработки воды и некоторые данные для проектирования

Станция обработки воды включает:

- а) помещения для размещения устройств и оборудования, предусмотримого технологическим процессом;
- б) подсобные помещения для обслуживающего персонала.

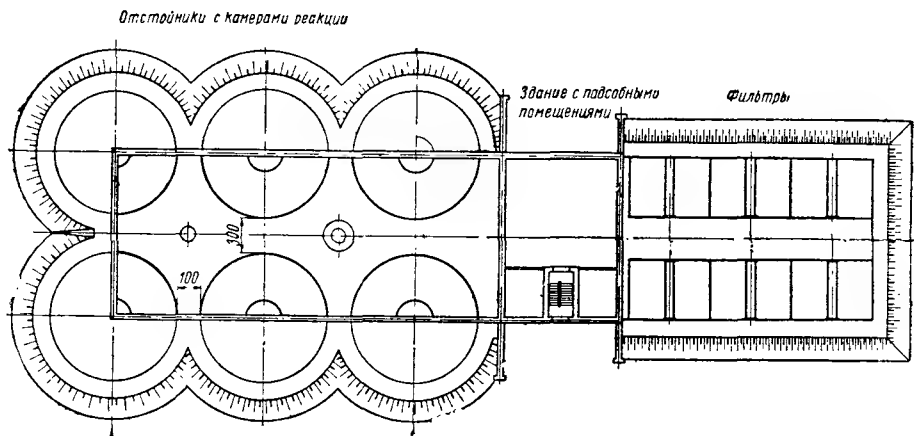
К первым относятся помещения для коагуляционных установок, баков для растворов коагулянта, извести, хлорной извести, хлораторов и баллонов с хлором, приборов для дозирования аммиака, смесителей, небольших камер образования хлопьев (большие камеры представляют собой самостоятельные сооружения) и т. д.; сюда же относятся помещения (в первом этаже) для установки насосов,



Фиг. 392

подающих воду в резервуары для промывки фильтров, котельная для центрального отопления и т. д.; кроме того, сюда можно отнести и галереи трубопроводов.

Ко вторым относятся собственно подсобные помещения, как то: лаборатории, небольшая мастерская для мелкого ремонта хлораторов и пр., кабинет заве-



Фиг. 393

дующего станцией обработки воды, комната для обслуживающего персонала, уборная. На небольших станциях обработки воды некоторые из перечисленных подсобных помещений могут отсутствовать.

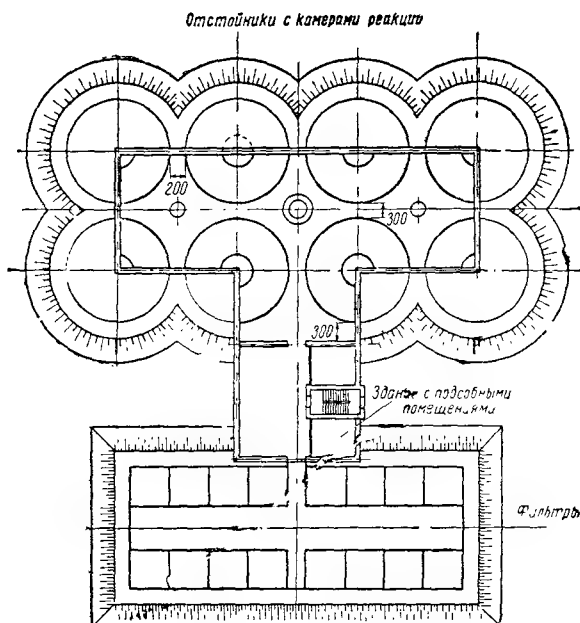
Хлораторная рассчитывается на установку хлораторов с 100%-ным резервом (за исключением крупных станций с большим числом хлораторов, где этот резерв может быть несколько снижен). На два хлоратора с весами и промежуточным баллоном требуется площадь около 8 м². Необходимо предусмотреть отдельное небольшое помещение для хранения 2 — 3-суточного запаса хлора. Хлораторная должна быть хорошо освещена, иметь два входа с плотно

закрывающимися дверями. Вентиляция — вытяжная; отсасывание воздуха предусматривается снизу (хлор тяжелее воздуха), включение вентилятора — снаружи. Помещение должно отапливаться.

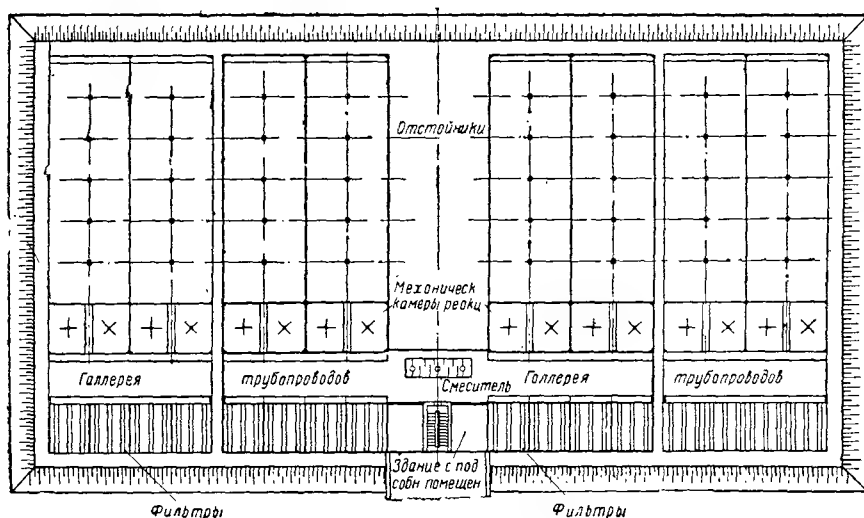
Мастерская небольших размеров предусматривается вблизи хлораторной.

Лаборатория размещается обычно на втором или третьем этаже здания фильтров и требует площадь от 15 до 50 м² в зависимости от величины станции обработки воды; кабинет заведующего станцией — 10 — 15 м² и комната для обслуживающего персонала — 10 — 15 м².

Галлерея трубопроводов должна быть хорошо освещена (желателен естественный свет). При проектировании галлереи необходимо предусматривать свободный проход в ней, возможность свободной смены фасонных частей, задвижек и пр. и устройство вентиляции. У основания галлереи должен быть лоток для отведения воды, которая может попасть сюда при ремонте, неплотности стыков, переливах и т. д. Колонки задвижек не должны располагаться в галлее, — их необходимо выносить на операционную площадку.



Фиг. 394



Фиг. 395

Грунты на участке, где сооружается станция: супесок, суглинок, песок, глина; грунтовая вода должна отсутствовать.

Строительный материал для отстойников, фильтров, смесителей, камер образования хлопьев — железобетон, в редких случаях — сталь.

Строительный материал для перекрытий здания фильтров, камер образования хлопьев и пр. — железобетон, дерево; для стен надземных зданий — камень, кирпич; для площадок управления — железобетон; пол выстилается метлахскими плитками.

Освещенность площадок управления, подсобных помещений, лабораторий, хлораторных, помещений для приготовления растворов коагулянта и пр. 1 : 5 от площади пола; то же для здания фильтров, склада реагентов и пр. 1 : 10.

Отопление (паровое) проектируется для следующих расчетных температур: помещения фильтров, камер образования хлопьев, коагуляционное — минимум 10°; лаборатории, подсобные помещения, хлораторные — минимум 15°; в отдельных зданиях для отстойников температура должна быть минимум 4°.

Станция обработки воды оборудуется внутренним водопроводом для хозяйственно-питьевых нужд и пожаротушения. Этот же водопровод используется для подачи воды для растворения реагентов, подачи воды к хлораторам и т. д. Станция обработки воды оборудуется внутренней канализацией, присоединяемой к канализационной сети или (при отсутствии последней) к специальным устройствам канализации.

Необходимо придавать должное значение архитектурной обработке сооружений.

Склады для реагентов

Склад для коагулянта, извести и пр. должен предусматривать запас их на 1 — 2 месяца для периода максимального расхода. Склад этот должен быть удобно расположен с учетом особенностей рельефа площадки в смысле более легкой подвозки, разгрузки и пр. и снабжен приспособлениями для выгрузки и транспортирования материалов к сооружениям; для малых станций подача может производиться вручную на вагонетках, для средних и больших — механизирована; необходима вентиляция и пр.

При содержании в продажном коагулянте $C\%$ сернокислого алюминия двухмесячный запас при дозе a мг/л, считая на безводную соль, при производительности станции Q м³ в сутки составит:

$$\frac{a \cdot Q \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot C} \cdot 60 = \frac{a \cdot Q}{167 C} \text{ тонн.}$$

При хранении коагулянта навалом с учетом промежутков между кусками в 30% при удельном весе коагулянта 1,6 объем, занимаемый коагулянтом, выразится величиной:

$$\frac{a \cdot Q}{167 \cdot C} \cdot \frac{1}{1,6} \cdot \frac{1}{0,7} \text{ м}^3.$$

При средней высоте навала 1,3 — 1,4 м потребная площадь склада равна:

$$\frac{a \cdot Q}{167 \cdot C} \cdot \frac{1}{1,6} \cdot \frac{1}{0,7} \cdot \frac{1}{1,3} \text{ м}^2.$$

Склад извести рассчитывается в зависимости от содержания в продажной извести СаО, дозы извести, считая на СаО, величины запаса и насыпного веса. Средняя высота навала может быть принята та же (1,3 — 1,4 м).

Склад хлорной извести рассчитывается в зависимости от содержания в хлорной извести активного хлора (обычно около 30%), дозы, считая на активный хлор, величины запаса и вида упаковки (например бочки весом по 100 кг).

Склад соды рассчитывается так же. Упаковка — деревянные бочки или мешки (может доставляться и навалом).

Склад жидкого хлора рассчитывается с соответствии с принятыми размерами баллона (баллоны обычно принимаются по 25 кг).

§ 42. Санитарный режим на станциях обработки питьевой воды

Высокое качество воды должно гарантироваться не только санитарной охраной источников водоснабжения, но и санитарным режимом водопроводных сооружений.

Определенные санитарные требования должны предъявляться еще в процессе строительства водопроводных сооружений (размещение жилья, отхожих мест, сбор и вывозка отходов и пр.). Особенное значение это имеет при реконструкции и расширении водопроводных сооружений (изоляция действующих очистных сооружений от строительного персонала, ограждение территории станции от завала строительным мусором и пр.).

В период пуска сооружения подвергаются промывке и дезинфекции растворами хлорной извести или жидкого хлора.

Водопровод, имеющий в своем составе очистные сооружения или хлораторную установку, должен иметь производственную лабораторию, обеспечивающую квалифицированный контроль за качеством воды.

Лабораторный контроль, места взятия проб, частота исследований должны быть подробно установлены специальными Правилами технической эксплуатации сооружений.

Для осмотра резервуаров чистой воды, фильтров, отстойников и тому подобных сооружений должна быть предусмотрена специальная одежда, резиновые сапоги и пр.

Доступ обслуживающего персонала к сооружениям с водой, прошедшей процессы очистки, должен быть ограничен.

Территория водопроводной станции должна быть спланирована, озеленена, благоустроена.

Вопросы санитарного режима согласовываются с Госсанинспекцией.

ГЛАВА VI

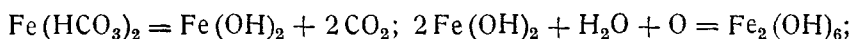
СПЕЦИАЛЬНЫЕ СЛУЧАИ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

§ 43. Удаление железа из воды

Значительное количество подземных вод содержит в растворенном состоянии железо и часто сопутствующий железу марганец. Железо может находиться в воде в растворенном состоянии в виде $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ двууглекислого железа, FeSO_4 сернокислого железа, гуминовокислого железа и пр. Марганец также в виде двууглекислого и сернокислого; встречаются случаи, когда Mn в воде имеется, а Fe нет. Если подземные воды богаты кислородом, то они обычно не содержат железа. Часто железо выделяется в виде осадка, загрязняющего трубопроводы, и содействует сильному развитию особого вида бактерий. При увеличении скоростей движения воды осадок этот иногда смывается, вода приобретает чрезвычайно неприятный внешний вид и вкус и становится непригодной для употребления. В отдельных случаях трубопровод в течение нескольких лет настолько загрязнялся и покрывался внутри инкрустацией, что переставал служить своему назначению. Достаточно 0,3 мг/л Fe или примерно такого же количества Mn, чтобы в соединении с гуминовыми веществами в воде придать последней неприятный вид и вкус. Вода, идущая для питания паровозов и для ряда производств, не должна содержать железа или должна содержать его в минимальных количествах, причем по отдельным воззрениям и минимальные количества Fe и Mn не следует иметь в воде. Содержание Fe и Mn в ряде случаев даже в одном и том же источнике подвержено колебаниям в различное время года и при различных уровнях воды. Вредное влияние железа в воде приводит к необходимости его удаления даже при 0,2 мг/л. Удаление Fe иногда рассматривается как частный случай умягчения воды.

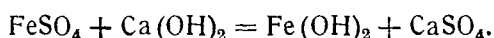
Обезжелезивание воды может представиться самостоятельным процессом или процессом предварительной обработки воды перед умягчением ее по методу

обменной фильтрации. В последнем случае имеет большое значение, например, двууглекислое железо, а не органически связанное, например в форме гуминово-кислых соединений. Двууглекислое железо $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ недопустимо в воде, идущей на глауконитовый фильтр, так как образует при доступе воздуха хлопья нерастворимого гидрата железа, а эти хлопья, обволакивая зерна песка, ослабляют реакцию умягчения. При наличии в воде железа в виде $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ вследствие выделения углекислоты образуется гидрат закиси железа, переходящий в воде под действием кислорода в нерастворимую водную окись:

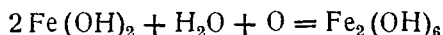


получается коллоидальная гидроокись железа (гидрозоль), которая в дальнейшем ходе процесса, коагулируясь, образует хлопья (гидрогель) окиси железа $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Двууглекислое железо нестойкое, легко теряющее углекислоту, вообще легко устраняется из воды при насыщении ее воздухом, что и обеспечивает образование хлопьев, задерживаемых далее в результате отстаивания и фильтрации. Сернокислое железо трудно выделить аэрацией, также гуминовокислое железо не удаляется аэрацией. Последние устраняются известкованием воды:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ за счет кислорода, растворенного в воде, переходит в гидроокись железа



и далее, как описано выше. После известкования вода подвергается отстаиванию и фильтрации.

Содержание органических коллоидальных веществ в воде затрудняет устранение железа; с другой стороны, коагуляция является одним из методов удаления из воды железа независимо от того, в каком соединении оно находится.

Если железо связано в органических соединениях, то выделению его способствуют KMnO_4 и Cl (перехлорирование воды большими дозами с последующей фильтрацией через кварцевый фильтр и активированный уголь). Устранение марганца из воды в большинстве случаев представляет большие трудности.

Вследствие большого различия в соединениях Fe (и Mn) и условиях нахождения их в воде перед проектированием установок для обезжелезивания рекомендуется поставить на месте небольшие опыты и провести необходимые лабораторные исследования характера соединений и влияния на них аэрации, известкования и пр.

Вообще воды с большой карбонатной жесткостью и меньшим содержанием гуминовых веществ легко обезжелезиваются; железо выпадает в этом случае в виде больших хлопьев. У мягких вод с незначительной карбонатной жесткостью выделение железа идет медленней, хлопья выделяются мелкими.

Имеются указания, что выделение железа тем легче и скорее, чем выше щелочность, обусловленная карбонатами Ca и Mg .

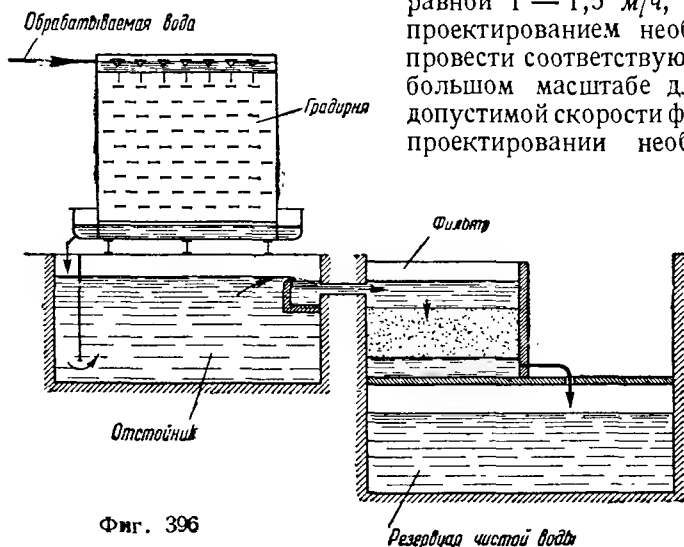
Воды с большим содержанием железа позволяют легче и скорее устранить его. Мягкие воды, содержащие небольшое количество железа, представляют в этом смысле определенные трудности.

Установки для обезжелезивания воды могут быть открытыми и закрытыми. Открытые установки предусматривают протекание движущейся воды по коксу, деревянным решеткам, разбрызгивание воды при помощи дырчатых железных листов, сопел; последнее особенно пригодно при легком выделении из воды железа, так как разбрызгивание воды соплами предпочтительнее с гигиенической точки зрения. На фиг. 396 представлена одна из схем обезжелезивания.

Градири можно выполнять в виде деревянных решеток с загрузкой из нескольких слоев кокса или шлака величиной 50 — 100 мм, толщиной каждого слоя от 0,25 до 0,5 м с таким же или несколько меньшим расстоянием между слоями, или в виде деревянных решеток, или дырчатых деревянных корыт, располагаемых в несколько рядов одно под другим.

Значение кокса, по которому вода стекает небольшими струйками, состоит в том, чтобы облегчить удаление углекислоты и в это время способствовать насыщению воды воздухом, а также и в том, что на нем осаждается окись железа, служащая катализатором. Процесс состоит из аэрации, отстаивания и фильтрации. В зависимости от большей легкости или трудности выделения железа отстойник может быть исключен из схемы, а фильтр загружен крупным песком или мелким гравием диаметром зерен 1 — 3 мм, толщиной слоя 0,35 — 0,4 м; скорость фильтрации до 5 м/ч. Обычно же отстойник рассчитывается не менее чем на 1 час пребывания в нем воды, а фильтры загружаются песком диаметром зерен 0,5 — 1 мм, толщиной слоя 0,6 — 0,7 м; скорость фильтрации до 2 — 4 м/ч. Последняя также зависит от большей или меньшей легкости выделения железа

и в некоторых случаях была принята равной 1 — 1,5 м/ч, поэтому перед проектированием необходимо также провести соответствующие опыты в небольшом масштабе для определения допустимой скорости фильтрации. При проектировании необходимо учесть



Фиг. 396

возможность хорошего доступа воздуха к сооружению; естественный обмен воздуха в помещении обычно оказывается достаточным. Промывка градири производится увеличенной подачей воды. Производительность установки 3 — 4 м³/ч воды на 1 м² градири.

Для больших установок аэрация достигается разбрызгиванием воды через особые сопла (брызгала) с дальнейшим отстаиванием и фильтрацией.

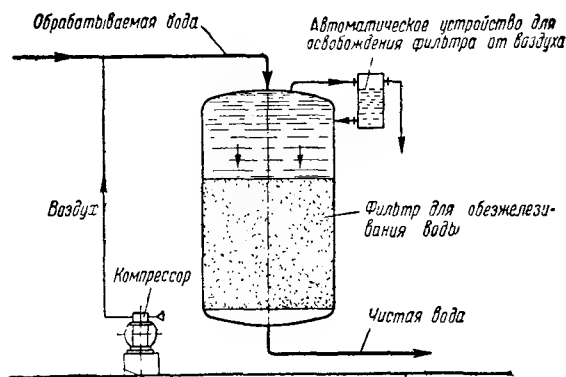
Все эти установки имеют общие недостатки: значительные габариты и необходимость двойной перекачки (на водообрабатывающую установку и после нее в сеть), что приводит к значительной первоначальной стоимости и себестоимости обработки 1 м³ воды.

В закрытых установках, все более и более внедряющихся, вода подается в фильтр под напором и проходит в нем со скоростью 6 — 12 м/ч через гравий с диаметром зерен 1 — 2 мм (для мягких вод загрузка мельче, для вод, у которых железо легко выделяется, загрузка крупнее). Воздух подводится в воду под давлением перед поступлением ее в фильтр. Пройдя фильтр, вода, освобожденная от железа (с содержанием до 0,01 мг/л), под напором идет в сеть (напорный резервуар). Габариты закрытых установок и необходимое помещение — небольшие; себестоимость ниже, чем при открытых установках и с гигиенической стороны здесь явное преимущество.

На фиг. 397 дана схема напорного фильтра. Иногда на подводящем трубопроводе, в том месте, где вводится воздух, устанавливается смеситель для лучшего перемешивания воды и воздуха перед поступлением их на фильтр. Фильтр выполняет двойное назначение: катализатора, ускоряющего выпадение железа в осадок, и собственно фильтра, задерживающего этот осадок. В нижней части фильтра устроен дренаж для равномерного распределения воды, идущей на

промывку фильтра. Избыточный воздух выделяется через автоматически действующий вентиль (вантуз).

При большом содержании или трудно удаляемом железе может быть установлен двухъярусный фильтр с двумя слоями загрузки (фиг. 398). Верхний слой



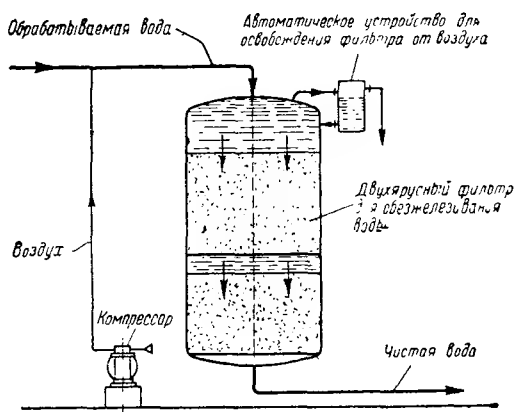
Фиг. 397

загрузки имеет более крупные фракции и выполняет роль контактной камеры и катализатора, второй слой — скорый фильтр.

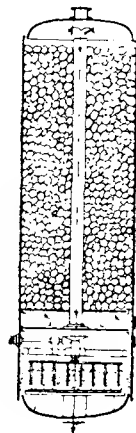
Высота слоев гравия зависит от содержания железа и его химического состава. Большая часть осадка выпадает в верхнем слое, остальное выпадающее в осадок железо задерживается в нижнем слое. Для промывки фильтра используется вода (необработанная или чистая), а в нижнем слое при сравнительно небольшой его высоте часто устанавливают мешалку, как это для одного из фильтров пока-

зано на фиг. 399. В некоторых конструкциях предусматривают промывку с предварительной продувкой фильтра воздухом (при недостатке воды).

Двухступенчатые напорные фильтры применимы и в тех случаях, когда железу сопутствует марганец. Обычно железо легче устраняется, и первая ступень проектируется для обезжелезивания, вторая — для устранения марганца. Если процесс обезжелезивания требует установки двухступенчатого фильтра,



Фиг. 398

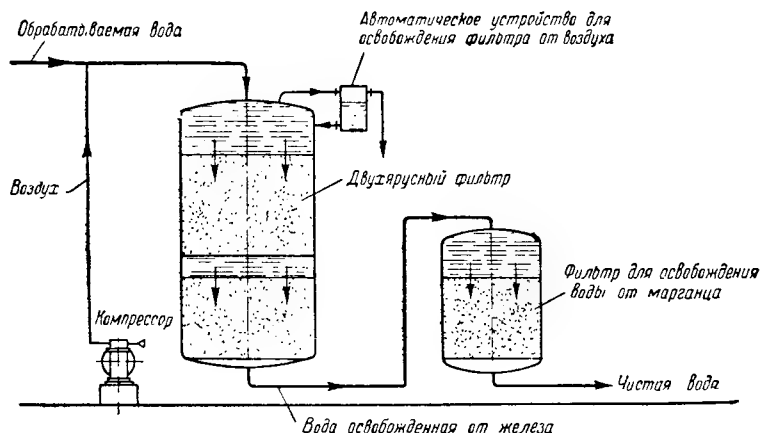


Фиг. 399

то для устранения марганца может быть применен дополнительный напорный фильтр, как это показано на схеме фиг. 400.

В ряде случаев марганец вынадеает со значительным трудом, и для его удаления воду фильтруют через специальный марганцевый пермутит, содержащий Mn_2O_7 , окисляющий закисные соли Mn , находящиеся в растворе, и переводящий их в MnO_2 , не растворимый в воде и выпадающий в осадок. Схема действия установки показана на фиг. 401. Регенерация марганцевого пермутита производится раствором марганцевокислого калия, восстанавливающего кислород в фильтрующей среде. В 1939 г. Институт Водгео получил удовлетворительные результаты, устраняя железо фильтрацией через полуобожженный доломит.

Как об этом указывалось выше, вследствие различия соединений Fe и Mn и самих условий устранения последних методы обработки воды должны основываться на предварительных опытах, проводимых в каждом отдельном случае.



Фиг. 400

§ 44. Освобождение воды от углекислоты

В воде поверхностных источников содержание углекислоты обычно незначительно, а в воде подземных источников может быть значительным.

Как уже указывалось, различают три вида углекислоты:

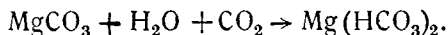
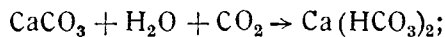
а) углекислота связанная — нейтральные карбонаты кальция и магния CaCO_3 и MgCO_3 (карбонатная углекислота);

б) углекислота полусвязанная — бикарбонаты кальция и магния $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ (бикарбонатная углекислота). При нагревании воды часть углекислоты выделяется, другая часть остается в связанном виде:



т. е. выделяются нейтральные монокарбонаты. Количество полусвязанной углекислоты равно количеству связанной;

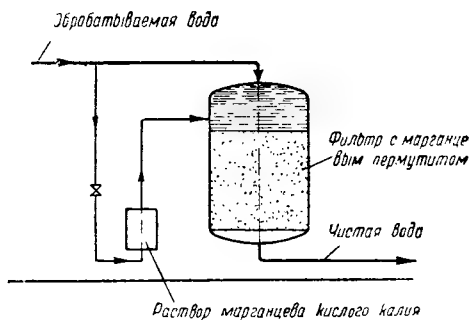
в) углекислота свободная, находящаяся в газообразном состоянии. Присутствие ее в питьевой воде не вредно для здоровья. Свободная углекислота растворяет плохо растворимые карбонаты кальция и магния, превращая их в бикарбонаты:



Последние остаются в растворе лишь тогда, когда имеется определенное количество свободной углекислоты (равновесной).

При наличии в воде свободной углекислоты, превышающей то количество ее, которое необходимо для указанного выше равновесия (равновесную), такая избыточная свободная углекислота называется агрессивной. Последняя, действуя, например, на кальциевые соединения в бетоне, превращает их в растворимый бикарбонат и тем самым разрушает бетон.

Агрессивная углекислота жестких вод — более редкое явление и, наоборот, агрессивная углекислота мягких вод — более частое явление, так как с увели-



Фиг. 401

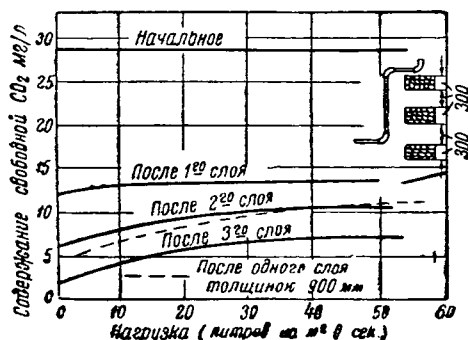
чением жесткости воды, точнее с увеличением бикарбонатов, увеличивается и количество равновесной углекислоты.

Освобождение воды от свободной углекислоты может быть произведено механическим или химическим путем. Так как методы устранения иных газов (сероводорода, кислорода) во многом сходны, процессы носят общее название дегазации. В одном случае углекислота удаляется, уходя вместе с воздухом без повышения жесткости воды, в другом случае (химический метод) жесткость может несколько повыситься. Последний метод применяется для вод с карбонатной жесткостью не выше 5 — 6°.

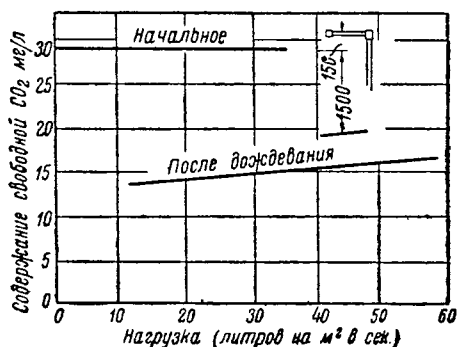
Устранение углекислоты механическим путем может быть выполнено:

- а) на градириях, заполненных коксом или с деревянными решетками;
- б) дождеванием (через продырявленные ящики);
- в) разбрызгиванием воды через сопла;
- г) разбрызгиванием при вакууме.

Все перечисленные способы имеют целью увеличить соприкосновение отдельных струек или частиц воды с воздухом; при этом облегчается выделение газа, растворенного в воде. Количество газа, выделяемого из единицы объема



Фиг. 402



Фиг. 403

воды в 1 сек., теоретически не установлено, что затрудняет соответствующие расчеты; поэтому проектирование сооружений для дегазации требует в каждом отдельном случае постановки предварительных опытов.

Установлено, что количество выделяемого газа зависит от степени разбрызгивания, времени, в течение которого частицы воды находятся в распыленном состоянии, температуры воды, разности давлений (разбрызгивание при вакууме).

Некоторые данные об уменьшении количества свободной углекислоты при пропуске воды через градирию, наполненную коксом, приведены на фиг. 402. При начальном содержании свободной CO_2 28,7 мг/л после первого, второго и третьего слоев кокса в зависимости от нагрузки в литрах на кв. метр в 1 сек. содержание свободной CO_2 уменьшилось.

На фиг. 403 приведены данные для той же воды при дождевании через продырявленный ящик (1 000 отверстий диаметром 6,4 мм на 1 м²; в опытах принят ящик размерами 460 × 460 мм, число отверстий 211). На диаграмме показано содержание CO_2 после дождевания в зависимости от нагрузки в литрах на кв. метр в 1 сек.

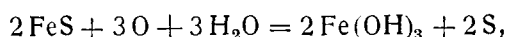
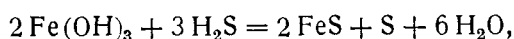
С повышением нагрузки на сооружение, т. е. с увеличением скорости прохождения воды между кусками кокса или с увеличением скорости истечения из отверстий, содержание остающейся CO_2 в воде увеличивается. Наоборот, при разбрызгивании воды через сопла, при движении струи воды снизу вверх и увеличении скорости истечения свободная CO_2 выделяется в большей степени, так как при этом саморазбрызгивание идет интенсивнее, увеличивается высота струи, а следовательно и время пребывания частиц в воздухе.

Возможен целый ряд методов удаления сероводорода из воды. К ним относятся:

- а) метод химического связывания серы металлом;
- б) метод окисления сероводорода с выделением коллоидальной серы;
- в) аэрация воды — выветривание сероводорода в окружающий воздух и т. д.

Метод химического связывания серы благодаря большой способности сероводорода вступать в соединение с металлами имеет применение. Ейский водопровод применял связывание сероводорода железом. Вода пропусклась после предварительной незначительной аэрации через барабан с железными стружками; в результате реакции получалось трудно удаляемое коллоидальное сернистое железо; для удаления последнего применялись коагулирование и фильтрация. Вода в результате такой обработки содержала H_2S в долях миллиграмма на литр, однако, она имела неприятный запах, металлический вкус, неустойчивую прозрачность (опалесценция от присутствия коллоидальной серы и окислов железа). Кроме того, в результате использования здесь железного лома, стружек и пр. возможно постоянное бактериальное загрязнение воды, требующее обеззараживания.

Различные обратимые реакции между сероводородом и окислами легко окисляющихся элементов железа и марганца, например



не могут найти достаточного практического применения, так как удаление коллоидальной серы представляет здесь определенные трудности и вода зачастую имеет значительную мутность.

Достаточно эффективным методом удаления сероводорода является физический метод — вытеснение сероводорода воздухом (химические реакции окисления имеют здесь побочный характер). Таким методом в первую очередь является аэрация, причем окислительное действие кислорода воздуха, ведущее к образованию коллоидальной серы, должно занимать в процессе возможно меньшее место.

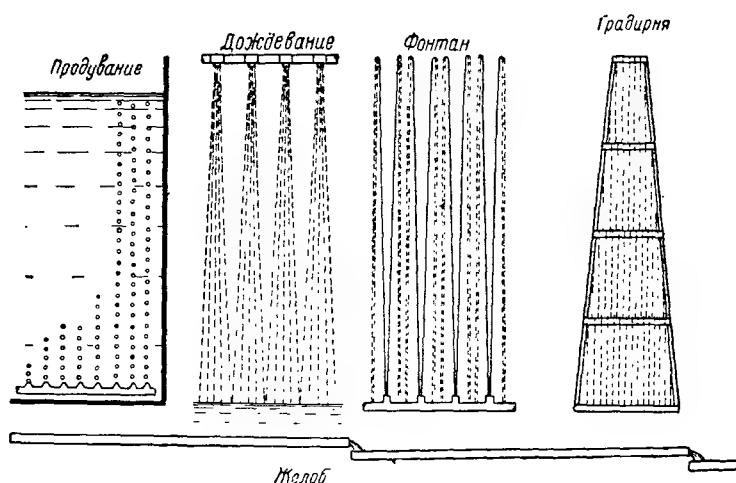
Аэрация может осуществляться путем продувания воздуха через воду, или при движении воды в раздробленном состоянии через воздух (дождевание, фонтанирование, пропуск воды через градирню), или, наконец, при движении слоя воды незначительной глубины, соприкасающегося с наружным воздухом (же-лоба). Устранение сероводорода происходит с поверхности жидкости; скорость явлений есть функция величины этой поверхности. Поэтому уменьшение размера частиц воды (при дождевании, фонтанировании, пропуске через градирню) будет способствовать увеличению скорости обмена (выветривания), а равно и уменьшать возможность образования серы при окислении. При продувании воздуха через воду (фиг. 405) при обычно принимаемых объемах воздуха, превышающих в 5 — 10 раз объем воды, омывание частиц воды воздухом имеет место в меньшей мере, чем при пропускании воды в распыленном виде в воздухе в виде отдельных струек и частичек; при этом имеет место и движение самого воздуха, а при искусственной вентиляции оно может быть весьма значительным.

Недостатком продувания воздуха через воду являются окислительные реакции, так как насыщение воды кислородом может идти быстрее удаления сероводорода. Благодаря этому, образующаяся коллоидальная сера вызывает помутнение воды.

Наиболее эффективными являются методы аэрирования: дождевание, фонтанирование, пропуск воды через градирни (фиг. 405).

Д о ж д е в а н и е при высоте в 4 м и возможно малом диаметре отверстий — 2 — 5 мм (с уменьшением отверстий эффективность процесса увеличивается) удаляет до 40 — 50% сероводорода. Наблюдается опалесценция воды от окисления сероводорода до серы. Поэтому дождевание может служить ступенью удаления сероводорода при сочетании с другими методами.

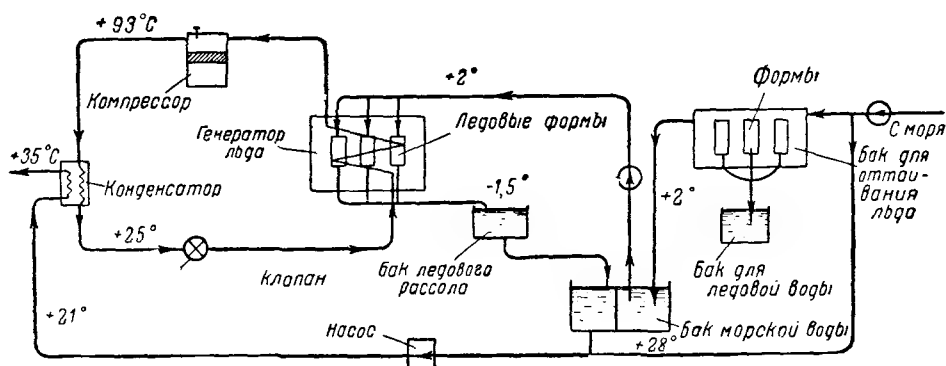
Градирня может быть устроена высотой 5 — 6 м; через 1 м по высоте устраиваются полки, на которые может быть уложен хворост. При больших расходах могут устраиваться большие градирни обычного типа, как для охлаждения. Здесь по существу то же дождевание, но с дополнительным распылением воды при ударе о доски и хворост.



Фиг. 405

Удаление сероводорода доходит до 60 — 75%, а при увеличении высоты градирни можно достичь полного его удаления. Эффективность действия градирни примерно в 1,5 раза больше эффективности дождевания.

Фонтанирование (разбрызгивание) дает наилучший результат вследствие двойного пути, совершаемого водой; струя под напором движется вверх, далее под влиянием собственного веса частицы в еще более распыленном виде движутся вниз.



Фиг. 406

Особое внимание нужно обратить на выбор материала для таких частей устройства, как штуцеры или ниппели для выпуска струй, брызгала и т. д. Для этой цели относительно удовлетворительным может считаться алюминий, так как он достаточно стоек от разъедания сероводородом. Возможно применение керамики, фарфора, специальной пластмассы.

Хороший эффект получен при разбрызгивании воды под напором через брызгала (широко применяются для охлаждения оборотной воды). При обработке воды для производственных целей бассейн с брызгалами может быть от-

крытым и закрытым с интенсивной вентиляцией здания, а при обработке питьевой воды во избежание загрязнения воды — закрытым. Разбрызгивание дает наилучшие результаты, при этом вода не мутнеет.

Желоба дают хороший эффект работы и при малых расходах и содержании в воде не более 20 мг/л H_2S могут также применяться. Вода получается прозрачной и никаких дополнительных устройств не требуется.

Желоба должны рассчитываться на наполнение не свыше 4 см при скорости около 2,5 м/сек. Длина желоба определяется в зависимости от содержания H_2S . Согласно опытам на 1 м длины можно считать возможным удаление 0,9 мг/л H_2S при содержании его в воде 20 мг/л.

Способы аэрации при обработке питьевой воды требуют безукоризненно чистого воздуха, иначе все аэрационные устройства необходимо делать изолированными с подачей воздуха, засасываемого вентиляторами через воздушные фильтры; это следует учесть при выборе места для сооружения. Приведенное может служить для ориентировки при проектировании. Однако утверждению проекта и строительству должны предшествовать специальные опыты на месте с водой, подлежащей обработке.

§ 46. Опреснение воды

Для питьевых и технических целей в подавляющем большинстве случаев используют воду с невысокой общей жесткостью и при наличии в ней небольшого количества поваренной соли. Такую воду обычно называют пресной. Все наши реки, большинство озер и артезианские скважины дают воду с относительно небольшим количеством поваренной соли. Вода морей всегда содержит в себе большое количество поваренной соли.

Некоторые озера (например Балхаш) содержат увеличенные количества сульфата натрия, иные источники — хлористого натрия. Соленая вода без предварительной обработки не может быть использована.

Соленость речной и озерной воды, характеризуемая отношением веса растворенных в ней солей к весу всего раствора, обычно составляет 0,01 — 0,03%.

Соленость морской воды весьма значительна — до 2% и более.

В воде морей и океанов, как это видно из табл. 19, преобладает содержание поваренной соли NaCl по сравнению с другими, находящимися в ней солями.

Таблица 19

Соли, растворенные в морской воде, и количество их в процентах в сухом остатке после выпаривания (по данным некоторых анализов)

Наименование солей	Название морей	
	Каспийское	Черное
Поваренная соль	62,15	77,22
Сернистый магний	23,58	7,11
Хлористый магний	4,47	8,87
Сернистый кальций	6,92	2,58
Хлористый калий	1,21	2,99
Остальные	Незначительно	

При отсутствии иных источников приходится прибегать к искусственной обработке соленой воды, к ее обессоливанию, или опреснению.

Необходимость в опреснении воды встречается в местах, прилегающих к юго-западной оконечности Каспийского моря, в ряде районов Туркменской, Узбекской ССР и некоторых других районах (и в специальных случаях).

К числу методов опреснения воды относятся:

- 1) опреснение испарением (дистилляция);
- 2) опреснение солнечное;
- 3) опреснение вымораживанием;
- 4) опреснение электроосмосом.

Чаще применяют метод испарения воды и начинают внедряться методы солнечного опреснения воды. Что касается последних двух методов опреснения (вымораживанием и электроосмосом), то первый еще не имеет производственного значения, а второй вряд ли сможет быть использован для целей водоснабжения и для значительных расходов.

Опреснение воды испарением

Устройства, работающие по этому методу, имеют распространение, несмотря на целый ряд неудобств и высокую стоимость. Работа испарительных устройств состоит в том, что морская вода нагревается до температуры испарения; далее пар охлаждается и конденсируется. Полученная в результате такой перегонки вода собирается в специальном резервуаре и в случае использования ее для питья несколько разбавляется жесткой водой.

Опресненная вода без добавки солей невкусна и даже вредна для питья, так как не содержит в себе необходимых солей кальция и магния.

Имеется несколько систем испарительных устройств: а) вакуум-испарители, б) испарители низкого давления и в) испарители высокого давления.

Принцип работы вакуум-испарителя основан на испарении предварительно подогретой воды в корпусе, в котором имеет место разрежение.

Испарители низкого и высокого давлений выполняются однокорпусными или двухкорпусными в зависимости от производительности устройств.

Схемы подобных устройств сложны, в особенности испарителей высокого давления; осуществление их представляет решение комплекса теплотехнических вопросов. Применяются они достаточно широко в тепловых установках и описываются в соответствующей литературе ¹.

Стоимость одного кубометра морской воды, опресненной на испарительной установке, в среднем колеблется от 3 до 3,5 руб. (стоимость обычной обработки речной воды около 15 коп. за 1 м³; стоимость умягчения 20 — 25 коп. за 1 м³).

Опреснение воды солнечное

Под названным методом опреснения воды следует понимать использование солнечной лучистой энергии для образования паров воды (морской), после охлаждения которых получается пресная вода.

Ряд солнечных опреснителей уже построен.

Схемы солнечных опреснителей не являются еще вполне законченными ².

Опреснение воды вымораживанием

Этот метод³ заключается в том, что при образовании льда из соленой воды находящиеся в ней соли вымораживаются, оставляя определенную часть льда достаточно обессоленной. Вода из такой части льда оказывается в определенной степени опресненной.

Подобный метод опреснения воды должен будет иметь преимущества в тепловом отношении, так как для получения 1 кг пара приходится затрачивать тепла больше, чем для таяния 1 кг льда.

Вымораживание солей из воды в отношении конструирования установок вполне осуществимо, так как последние будут, по видимому, не очень сильно отличаться от установок для приготовления льда.

К сожалению, обнаружено, что при замерзании морской воды между кристаллами льда бывают вкраплены частицы рассола, что делает воду для питьевых целей мало пригодной. Вторичное замораживание несколько улучшает качество воды. Возможно проблема будет решена многократным вымораживанием или с нахождением способа получения плотного льда. Для получения из морской воды питьевой воды необходимо удалить около 90% содержащихся в ней солей.

При опреснении морской воды путем ее замораживания (фиг. 406) она подается насосом в бак для оттаивания льда; лед, находящийся уже здесь в формах, оттаивает, опресненная вода поступает в резервуар, а вода, охлажденная в баке для оттаивания, поступает в следующий бак, отсюда часть ее подается в генератор льда; остальная часть сливается во вторую часть бака, смешивается здесь с поступающим рассолом из форм и далее подается насосом для охлаждения конденсатора. Лед из генератора после замерзания его в формах поступает для оттаивания в бак и т. д.

На схеме указаны температуры в отдельных элементах устройства. Схема работы аммиачной компрессорной установки обычная.

Помимо приведенной схемы, по видимому, возможно и естественное вымораживание.

¹ Инж. Шапкин. Техминимум по испарительным установкам

² Проф. Б. Вейнберг и инж. В. Вейнберг. Солнечные опреснители.

³ Институт Водчео, Закавказский филиал. «Вопросы опреснения морской воды».

При этом методе в результате действия электрического тока ионы растворенных в воде солей начнут передвигаться к электродам: анионы к аноду, а катионы к катоду.

Во избежание обратной диффузии электроды разделяются особой перегородкой, которая не препятствует свободному движению ионов, движущихся под действием электрического тока, но вместе с тем задерживает диффузию.

Если сосуд разделить не на две части, а на три и в крайних отделениях разместить электроды, то через некоторый период времени под влиянием электрического тока все анионы и катионы разместятся в крайних отделениях. В средней части вода будет лишена ионов солей, т. е. будет опресненной.

Этот способ опреснения слабо минерализованной воды для весьма малых устройств может и сейчас найти применение. За границей уже изготавливаются электроопреснители с производительностью до 250 л/ч дистиллированной воды и даже более (пока для вод менее минерализованных), причем получаемый дистиллат содержит не более 10 мг/л сухого остатка.

В СССР в этой области производились некоторые исследования. Расход электроэнергии и стоимость ее при этом способе велики; нужно думать, что для опреснения морской воды он не сможет найти применения.

§ 47. Охлаждение воды

Силовые установки (конденсаторы паровых турбин, дизельмоторы, компрессоры и т. д.), как правило, требуют для охлаждения воду. Вода для указанной цели может непрерывно поступать из источника, а по использовании отводиться в сток, либо нагретая вода отводится к специальным устройствам, где охлаждается и снова насосами подается для охлаждения агрегатов (оборотная вода). Вопрос о применении для целей охлаждения свежей воды или оборотной в каждом отдельном случае решается экономическим сравнением. Часто оборот воды необходим вследствие недостатка ее.

Для восстановления низкой температуры охлаждающей воды служат: а) башенные охладители (градирни), б) охлаждающие пруды и в) бассейны с брызгалами.

Башенные охладители (градирни)

Охлаждающее действие башенного охладителя основывается на раздроблении охлаждаемой воды на мелкие капли в «оросительном устройстве» градирни. Часть теплоты воды отнимается вследствие испарения, часть теряется в воздухе при соприкосновении с ним частиц воды. В башне должна быть обеспечена постоянная циркуляция воздуха в достаточном количестве.

Само башенное устройство служит для создания естественной циркуляции воздуха; в этом случае мы имеем градирни с естественной циркуляцией воздуха в отличие от градирен с принудительной циркуляцией, достигаемой установкой вентиляторов.

Градирня с естественной циркуляцией воздуха может быть открытая и закрытая.

На фиг. 407 показана градирня с естественной циркуляцией с башней каркасного типа производительностью до 80 м³/ч. Градирня состоит из железобетонного или кирпичного резервуара-фундамента, служащего для сбора охлажденной воды и для установки башни и оросительного устройства, распределительного и оросительного устройства для разбрызгивания охлаждаемой воды, выполненного из дерева, и деревянной башни, создающей естественную циркуляцию воздуха в оросительном устройстве.

Резервуар-фундамент состоит из двух частей: собственно резервуара и конструкции, несущей каркас башни. Резервуар для удобства эксплуатации (очистка, ремонт и т. д.) может разделяться на две части; тогда из каждого отделения резервуара имеется самостоятельный выпуск для отвода охлажденной воды. Во избежание переполнения резервуара последний в верхней части может быть снабжен переливной трубой. Из грязевого колодца в резервуаре имеется трубопровод для его опорожнения; глубина резервуара обычно около 2 м.

Подрешетины прикреплены к стойкам оросительного устройства, опирающимся на столбики резервуара-фундамента.

Разрез по А-А

470

2000

720

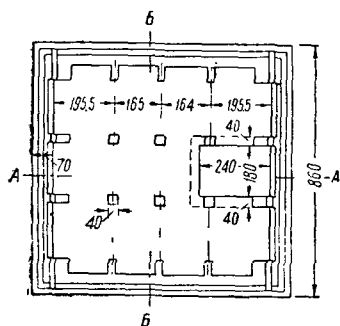
748

± 0.00

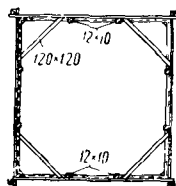
± 0.30

плотную утрат
добавить сердечник

План ямы



Глан по М-М.



Ороситель со всех сторон обшивается досками и только в нижней части остается сплошное отверстие по периметру для прохода воздуха. Высота оросителя 6—7 м. Высота вытяжной башни 10—20 м и выше в зависимости от размеров оросителя, тепловой нагрузки и т. д.

Распределительное устройство состоит из системы деревянных желобов, расположенных над оросителем.

Вода подается напорным трубопроводом в центральный желоб и от него расходится по ряду боковых желобов, в дне которых вставлены насадки диаметром 20 — 30 мм. Под желобами на расстоянии 0,5 — 0,6 м по центрам насадок устанавливаются розетки; вода, падая, разбрызгивается и падает далее на оросительное устройство, распыляясь еще интенсивнее. Скорость движения в желобах не выше 0,25 — 0,3 м/сек. На оросительное устройство или в резервуар градири должно подаваться 3 — 4% свежей воды (для малых установок больше), так как это количество теряется при испарении и разбрызгивании.

Градири выполняются в плане обычно квадратными и лишь большие — многоугольными. Градири с искусственным дутьем воздуха мощными вентиляторами устраиваются редко. Башня здесь играет второстепенную роль и служит для отвода испарений на достаточную высоту. Примерные размеры градири с естественной вентиляцией приведены в табл. 20.

Т а б л и ц а 20

Производительность в м ³ /ч	Размер стороны в плане в м	Высота в м
15	4,3	18
45	5,7	20
80	7,2	21

Существуют и другие устройства градири.

О х л а ж д а ю щ и е п р у д ы

Охлаждение воды этим способом приемлемо при наличии естественного водоема со значительной поверхностью. Нагретая вода спускается в пруд, где происходит ее охлаждение за счет соприкосновения поверхности пруда с воздухом и главным образом вследствие испарения с этой поверхности.

Охлаждающий эффект зависит от атмосферных условий (ветры, температура воздуха), величины поверхности пруда и пр. При определении поверхности пруда пользуются опытными данными. Так, в условиях средней полосы СССР на 1 м³/ч воды, охлаждаемой от конденсатора паровой турбины, необходимо около 10 м² поверхности пруда.

Б а с с е й н ы с б р ы з г а л а м и

Здесь, так же как и в описанных выше случаях, охлаждение имеет место в результате передачи тепла воздуху при соприкосновении распыленных частиц воды с последним и за счет выделения скрытой теплоты парообразования. Охлаждаемая вода подводится сетью труб к насадкам, при помощи которых она разбрызгивается и попадает в бассейн, находящийся под брызгальным устройством. Отсюда вода снова отводится на охлаждение агрегатов. При этом методе охлаждения вода также теряется на испарение и разбрызгивание, поэтому в систему необходимо подавать до 5% свежей воды.

Схема бассейна с брызгалами показана на фиг. 408.

Составные части бассейна с брызгалами:

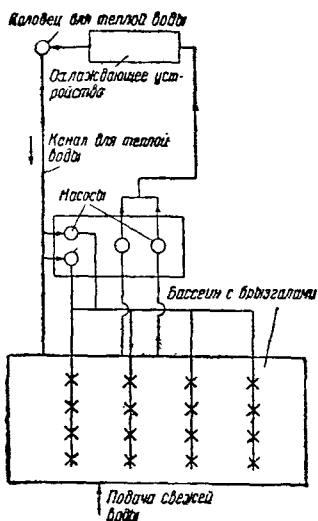
а) сеть труб, брызгала;

б) бассейн;

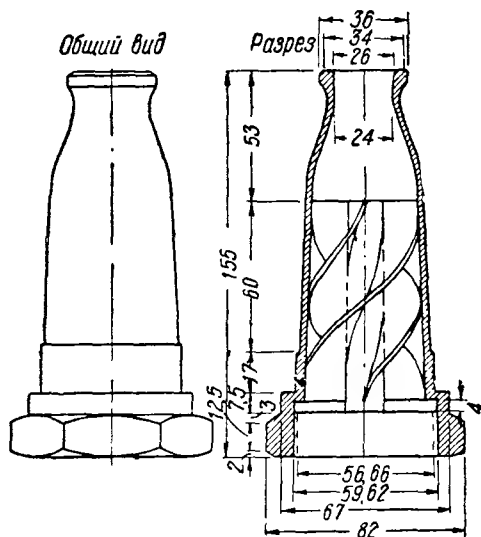
в) система дополнительных устройств для подачи свежей воды, подачи охлажденной воды и т. п.

Брызгала представляют собой специальные насадки для разбрызгивания воды, подводимой под некоторым напором. По своему устройству они делятся на брызгала с центральными лопастями (центробежного типа) и полые

брызгала (ударного типа). Первый тип брызгал лучше применять для чистой воды, второй — для загрязненной. На фиг. 409 показаны брызгала центробежного типа «Мульти-Спрей». Свободный напор у брызгал принимают в среднем около 5 м.



Фиг. 408



Фиг. 409

В табл. 21 приведены примерные производительности брызгал указанного типа в литрах в 1 сек.

Таблица 21

Внутренний диаметр брызгал в месте при- крепления в мм	Свободный напор в м		
	3,5	4,9	7,0
50	3,40	4,10	4,91
63	4,85	5,80	6,69
75	7,24	8,37	9,50

На случай ремонта части брызгал число их следует принимать на 25 — 40% больше.

Сеть труб представляет распределительную трубу и разводящие трубы, ответвляющиеся от распределительной трубы. На последних устанавливаются брызгала. Каждая разводящая труба снабжена задвижкой для ее выключения.

Разводящие трубы устанавливаются на столбиках, расстояние между которыми можно принять 2,5 — 4 м.

Конструкция бассейна зависит от грунта. При нефилтрующих грунтах возможно устройство земляных бассейнов без отделки днища. Иногда днище во избежание размыва отмачивается или покрывается слоем пластичной глины. В фильтрующих грунтах применяют железобетонные бассейны. Глубина бассейна 0,5 — 1,5 м. Дну бассейна придают уклон 0,01 к одной из боковых стенок, вдоль которой устраивается неглубокий жолоб для опорожнения бассейна. Большие бассейны делятся на несколько отделений на случай необходимости ремонта или очистки их.

Количество испаряющейся воды в бассейнах может быть точно определено соответствующими тепловыми расчетами. При перепаде в 10° испаряется 1,0 —

1,2% воды; при больших перепадах может испаряться до 2 — 2,5%; могут иметь место также унос воды ветром, утечка и пр. Практически пополняемое количество свежей воды может составить около 3% для больших и около 5% для малых бассейнов.

Режим работы брызгальных бассейнов в зависимости от времени года может меняться.

Брызгала могут обеспечить большой охлаждающий эффект и работают достаточно надежно, но они требуют большей площади.

§ 48. Обработка воды водоемов

В озерах и водохранилищах в определенные периоды идет сильное разрастание мельчайших водорослей — цветение. Обработка воды на сооружениях в этот период идет с большими трудностями и необходима предварительная обработка воды в самом водоеме.

Применение медного купороса CuSO_4 в дозах до 1 мг/л, редко больше (в зависимости от свойств воды и степени развития водорослей), обычно в течение нескольких дней приводит к уничтожению мельчайших водорослей. Введение купороса в воду происходит следующим образом: купорос загружается в мешки и привязывается к лодке; при движении последней в различных направлениях по водоему купорос растворяется и смешивается с водой; дальнейшее смешивание идет под влиянием волн, ветра и пр.

На основе данных систематических наблюдений обработка воды водоема должна производиться профилактически в определенные периоды еще до начала цветения.

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

УМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ

ГЛАВА

СХЕМЫ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

§ 1. Общие сведения

Жесткость воды, используемой для водоснабжения, различна. Воду, как указывалось, можно различать по степени жесткости (табл. 1).

Приведенное разделение является совершенно условным и не позволяющим окончательно определять пригодность воды для того или другого производства. Например, очень мягкая вода жесткостью 3 нем. гр. не пригодна для питания котлов высокого давления, но она пригодна для питания паровозных котлов.

Жесткость воды большинства рек СССР средняя — 8 — 16 нем. гр. Она зависит от характера химических соединений в почвах бассейна реки, гидрогеологических, климатических условий и пр. и подвержена колебаниям в зависимости от времени года, выпадения атмосферных осадков, паводков и т. д.

Для общего ознакомления ниже приведена жесткость воды рек СССР, наиболее характерная для каждой из перечисленных рек и некоторых озер¹ или более или менее близкая к характерной. Данные следует рассматривать как весьма ориентировочные, а проектирование сооружений для обработки воды необходимо основывать лишь на результатах анализов.

Жесткость до 4 нем. гр. — рр. Нева, Свирь, Печора, Амур, Ангара, Мезень, Селенга; озера: Байкал, Онежское и Ладожское.

Жесткость до 8 нем. гр. — рр. Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Кубань, Рион, Ома, Вычегда, Иртыш, Обь, Енисей, Онега, Волхов, Томь, Тунгуска, Луга, Вятка, Шексна, Молога, частично Северная Двина и озеро Ильмень.

Жесткость до 12 нем. гр. — рр. Днепр, Западная Двина, Березина, Северная Двина, Сухона, Пинега, Кострома, Сож, Тура, Кура и верховья Волги.

Жесткость до 16 нем. гр. — рр. Ока, Москва, Клязьма, Кама, Белая, Лена, Дон, Донец, Урал, Сура, Икша, Индигирка, Колыма, Чусовая и Нижняя Волга.

Максимальная жесткость имеет место в зимнее время при меженном горизонте воды в реке; минимальная жесткость — в паводочный период весной.

Подземные воды отличаются большим постоянством своего солевого состава, зависящего от геологического строения и характера пород, по которым движутся

Таблица 1

Общая жесткость воды в нем. гр.	Степень жесткости воды
0—4 . . .	Очень мягкая
4—8 . . .	Мягкая
8—16 . . .	Средней жесткости
16—30 . . .	Жесткая
Свыше 30 .	Очень жесткая

¹ М. Лапшин и Н. Киселев. Обработка питательной воды для судовых котлов.

эти воды и из которых они выщелачивают соли. Минеральный состав подземных вод обычно выше минерального состава поверхностных вод, также жесткость подземных вод за немногими исключениями выше жесткости поверхностных вод.

Состав питательной воды оказывает определенное действие на паровозный котел. Действие это в зависимости от содержания в воде тех или иных ингредиентов указывалось выше. Главное место в составе воды занимают накипеобразователи.

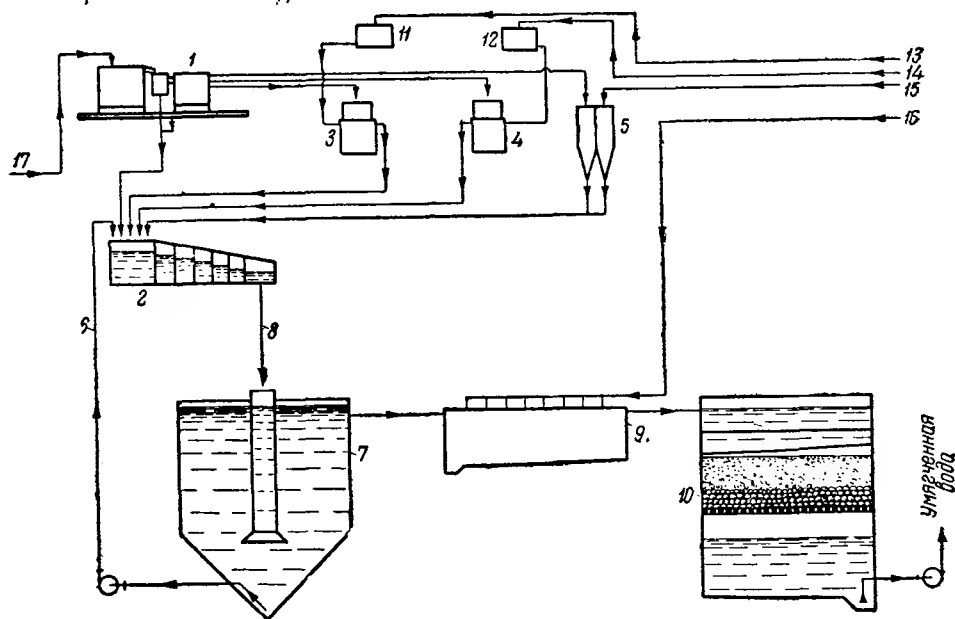
Устранение из воды солей жесткости — основных накипеобразователей — носит название умягчения воды.

§ 2. Схемы умягчения воды

Встречается ряд основных схем обработки воды, применяемых в зависимости от качества исходной, т. е. подвергаемой обработке, воды и тех целей, для которых предназначена обрабатываемая вода.

При умягчении воды для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд возможны:

1) обработка воды известково-содовым способом с некоторым избытком извести, дополнительно удаляемой углекислотой, — умягчение с карбонизацией (схема фиг. 410 — 411);



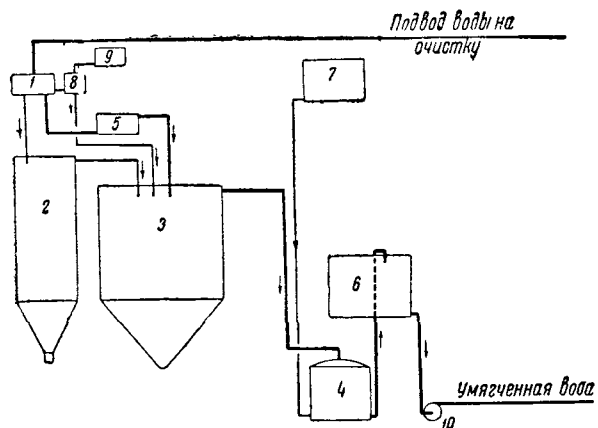
Фиг. 410—411

1—водораспределитель; 2—смеситель; 3—4—вытеснители реагентов; 5—дозатор известково-содового молока; 6—трубопровод от отстойника; 7—отстойник; 8—подача воды на отстойник; 9—камера карбонизации 10—фильтр; 11—12—баки для реагентов; 13, 14, 15, 16—трубопроводы

2) обработка воды на отстойниках и кварцевых фильтрах с предварительной коагуляцией, последующим умягчением на цеолитовых фильтрах и дальнейшим хлорированием; последний метод распространения не имеет. Умягчение цеолитами возможно для части хозяйственно-питьевых вод с тем, что эта часть будет далее смешана с остальной массой воды.

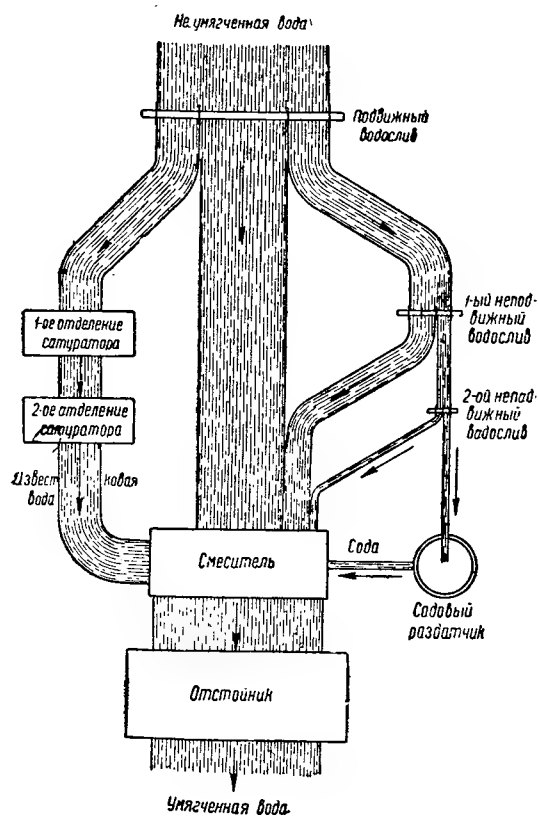
При умягчении воды для удовлетворения производственных нужд в зависимости от наличия в воде той или иной жесткости, наличия взвешенных веществ, органических примесей и т. д. применяются различные схемы умягчения. Среди них распространение имеют следующие:

1) обработка воды одной известью. Схема может быть применена в исключительных случаях только при очень незначительной некарбонатной жесткости воды и сильно пониженных требованиях к умягченной воде;



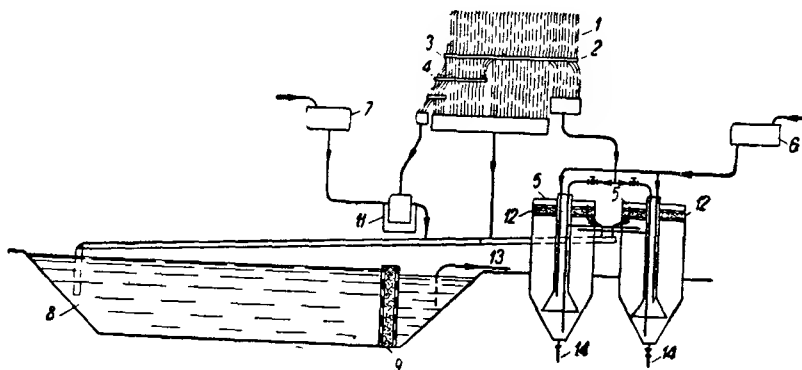
Фиг. 412

1—волораспределитель; 2—сатуратор; 3—отстойник; 4—фильтр; 5—подогреватель; 6—резервуар; 7—бак для промывки фильтра; 8—вытеснитель соды; 9—бак для соды; 10—насос



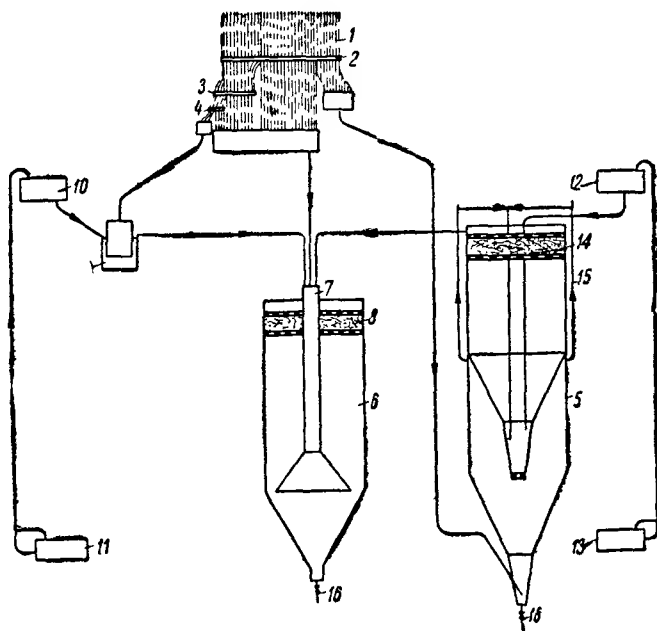
Фиг. 413

2) обработка воды известково-содовым способом без подогрева или с подогревом. Фиг. 412 изображает одну из указанных схем с подогревом, а фиг. 413, 414 и 415 — то же без подогрева. Схемы эти применимы в случае отсутствия в воде повышенных количеств органических загрязнений при невысоких требованиях к умягченной воде; остаточная жесткость до 1 — 2 нем. гр. для схемы



Фиг. 414

1—струя на распределитель; 2, 3 и 4—водосливы; 5—сатуратор; 6—бак для известкового молока; 7—бак для соды; 8—отстойник; 9—фильтр из древесной шерсти; 10—жолоб-смеситель; 11—бак вытеснителя соды; 12—фильтр из древесной шерсти; 13—забор воды из отстойника; 14—трубопровод для спуска шлама



Фиг. 415

1—струя на распределитель; 2, 3 и 4—водосливы; 5—сатуратор; 6—отстойник; 7—центральная труба отстойника; 8—фильтр из древесной шерсти; 9—вытеснитель содового раствора; 10—бак для содового раствора; 11—насос и мешалка для содового раствора; 12—бак для известкового молока; 13—насос и мешалка для известкового молока; 14—фильтры; 15—боковые трубы сатуратора; 16—выпуск шлама из сатуратора

с подогревом и 4 — 5 нем. гр. — без подогрева. Варианты этих схем могут предусматривать установки с фильтрами из древесной шерсти и кварцевыми открытыми или напорными;

3) обработка воды известково-содовым способом с коагуляцией. Схема эта применена при наличии в воде значительного количества органических загрязнений и наличии в ней кремнекислоты. Варианты этой схемы могут предусматри-

вать установки с подогревом, без подогрева, с фильтрами из древесной шерсти или кварцевыми;

4) обработка воды известково-содовым способом с избытком извести и карбонизацией. Схема применима при умягчении воды одновременно для хозяйственно-питьевых и производственных нужд;

5) обработка воды на цеолитовых фильтрах в сочетании с той или иной предварительной или последующей ее обработкой; сюда относятся предварительная обработка воды известью и содой и дальнейшая — на цеолитовых фильтрах и др.

Схемы обработки воды на цеолитовых фильтрах приведены ниже.

ГЛАВА II

ИЗВЕСТКОВО-СОДОВЫЙ СПОСОБ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

§ 3. Схемы реакций и необходимые элементы конструкции водоумягчителей

А. РЕАКЦИИ ПРИ ИЗВЕСТКОВО-СОДОВОМ МЕТОДЕ УМЯГЧЕНИЯ

Способ этот развился из старого способа умягчения воды известью, является весьма распространенным и заключается в понижении жесткости воды вследствие выделения в осадок мало растворимых в воде солей углекислого кальция CaCO_3 и гидрата окиси магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Выделение в осадок CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ достигается введением в воду извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (гашеная известь) и кальцинированной соды Na_2CO_3 , вступающих в реакцию с углекислотой и растворенными в воде солями Ca и Mg. Схемы указанных реакций представлены в табл. 2.

Таблица 2

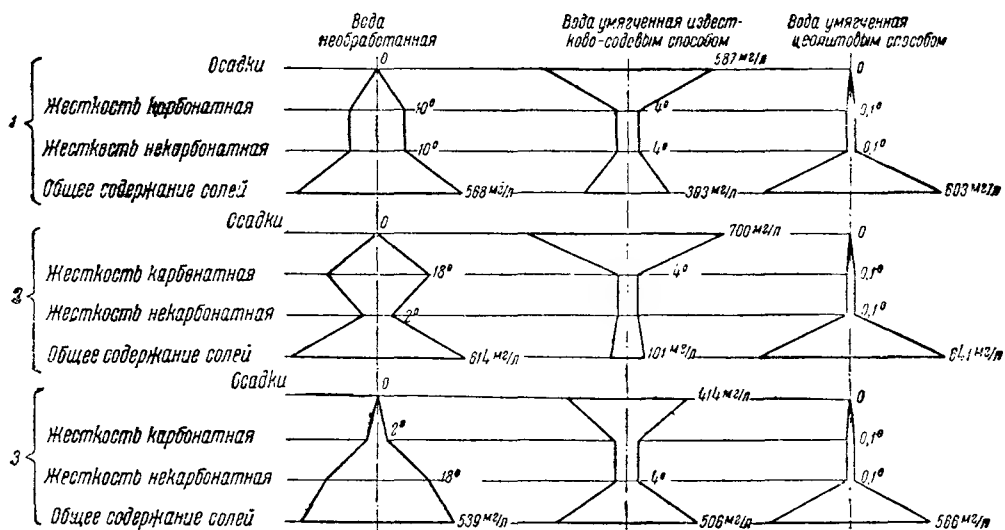
Соединения в умягчаемой воде	Добавляемые реагенты	Выпадает в осадок (шлам)	Остается в растворе
CO_2 + Углекислый газ	$\text{Ca}(\text{OH})_2 =$ Гашеная известь	CaCO_3 + Карбонат кальция	H_2O Вода
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ + Временная жест- кость* (карбонат- ная). Бикарбонат кальция	$\text{Ca}(\text{OH})_2 =$	2CaCO_3 +	$2\text{H}_2\text{O}$
$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ + Временная (карбо- натная) жесткость. Бикарбонат магния	$2\text{Ca}(\text{OH})_2 =$	$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{CaCO}_3$ + Гидрат окиси ма- гния и карбонат каль- ция	$2\text{H}_2\text{O}$
CaSO_4 + Постоянная (не- карбонатная) жест- кость. Сернокислый кальций	$\text{Na}_2\text{CO}_3 =$ Кальцинированная сода	CaCO_3 +	Na_2SO_4 Сернокислый нат- рий
CaCl_2 + Постоянная (не- карбонатная) жест- кость. Хлористый кальций	$\text{Na}_2\text{CO}_3 =$	CaCO_3 +	2NaCl Хлористый натрий (поваренная соль)

* По существу временная жесткость состоит главным образом из бикарбоната кальция и магния, хотя часто под временной жесткостью подразумевают всю карбонатную жесткость, т. е. также и жесткость, обусловленную-растворенными в воде CaCO_3 и MgCO_3 , и под постоянной всю некарбонатную жесткость.

Соединения в умягчаемой воде	Добавляемые реагенты	Выпадает в осадок (шлам)	Остается в растворе
$MgSO_4$ + Постоянная (не- карбонатная) жест- кость. Серноокислый магний	$Ca(OH)_2 =$	$Mg(OH)_2 +$	$CaSO_4$ Серноокислый каль- ций
$MgCl_2$ + Постоянная (не- карбонатная) жест- кость. Хлористый магний	$Ca(OH)_2 =$	$Mg(OH)_2 +$	$CaCl_2$ Хлористый каль- ций

Жесткость может еще обуславливаться силикатами кальция и магния $CaSiO_3$ и др. (кремнекислый и двухкремнекислый кальций).

Как это следует из схем реакций, известь служит для устранения карбонатной жесткости, сода — для устранения некарбонатной жесткости; соединения магния для своего более полного удаления из раствора требуют дополнительно извести. Карбонат кальция $CaCO_3$ несколько лучше выпадает в осадок; гидрат окиси магния $Mg(OH)_2$ выпадает в осадок значительно медленнее.



Фиг. 416

Вообще говоря, осадок выделяется столь мелким, что осаждение затруднительно впредь до некоторого укрупнения частиц. Скорость выпадения осадка, укрупнение частиц и возможность более полного выделения их зависят от температуры, при которой происходит реакция, и от других условий.

При температуре воды 20 — 25° осаждение может иметь место в течение 2 — 4 час., а при более низких температурах, например 5°, осадок даже в течение 5 — 6 час. не мог быть удален из воды в относительно полной мере. Используя современные приемы добавки в отстойники осадков, вводя коагулянт или используя в фильтрах мраморную крошку, при включении в схему камеры реакции, можно значительно сократить время отстаивания.

Органические коллоиды, находящиеся в воде, могут несколько задерживать ход реакции, поэтому при значительном содержании магния в воде и при значительном количестве органических веществ для улучшения эффекта умягчения может быть введен сернокислый глинозем $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ в малых дозах. В этом случае время отстаивания может быть несколько уменьшено.

Таким образом, отстойники должны проектироваться на определенное время пребывания в них воды в зависимости от условий их работы и общей схемы обработки воды.

Одновременно с умягчением, в определенной степени вода освобождается от взвеси, органических веществ, железа (обезжелезивание рассматривается как частный случай умягчения) и кремнекислоты. Процент задержки указанных веществ увеличивается при введении в обрабатываемую воду коагулянта.

При удалении карбонатной (временной) жесткости общее содержание солей в умягченной воде уменьшается, в результате чего получается значительное количество осадков. При удалении некарбонатной жесткости в умягченной воде появляются другие растворенные в ней соли в количестве, эквивалентном удаляемым солям. Следовательно, чем больше карбонатная жесткость, тем меньше может быть солевой состав (сухой остаток) воды после умягчения. Сказанное наглядно представлено в табл. 3¹ и на фиг. 416.

Таблица 3

Жесткость	Содержание солей и осадка в мг/л					
	Необработанная вода		Обработанная вода			
	Соли	Осадок	Известково-содовый метод		Цеолитовый метод	
			Соли	Осадок	Соли	Осадок
Карбонатная 10° Некарбонатная 10°	568	0	303	587	603	0
Карбонатная 18° Некарбонатная 2°	614	0	101	700	641	0
Карбонатная 2° Некарбонатная 18°	539	0	506	414	566	0

Как видно из табл. 3 и фиг. 416, при известково-содовом способе умягчения общее содержание солей в умягченной воде и количество осадка при одной и той же общей жесткости необработанной воды резко изменяются в зависимости от соотношения карбонатной и некарбонатной жесткости. Об изменении солевого состава воды при умягчении ее цеолитами — подробнее будет сказано далее.

Известковый метод умягчения может иметь самостоятельное значение при наличии в воде незначительной постоянной жесткости и более значительной временной. Так, например, анализ воды одной из артезианских скважин показал общую жесткость 19,6 нем. гр., а временную — 18,9 нем. гр. Такая вода может умягчаться одной известью с пребыванием в отстойнике примерно в течение 2 — 3 час. с момента введения извести.

Количество извести и соды, необходимое для умягчения воды, определяется пробным умягчением или расчетами в зависимости от качества исходной воды и качества соды и извести.

¹ Составлена Водоканалпроектом (проф. Д. П. Козырев) для сравнения воды, умягчаемой двумя основными методами.

По Пфейферу требуется извести (считая на чистую 100%-ную известь):

$$10 Ж_в + 1,4 \text{MgO} + 1,27 \text{CO}_2 \text{ мг/л,}$$

где $Ж_в$ — временная жесткость воды в нем. гр.;

MgO — окись магния в воде в мг/л;

CO_2 — свободная углекислота в воде в мг/л.

В зависимости от качества извести (продажная известь содержит от 25 до 85% окиси кальция) получают необходимое ее количество.

Количество соды (считая на чистую кальцинированную соду) принимают равным $Ж_n$ 18,9 мг/л ($Ж_n$ — постоянная жесткость в нем. гр.).

В зависимости от качества соды (продажная сода содержит около 98% Na_2CO_3) получают необходимое ее количество. Таким образом, расчетное количество добавляемых извести и соды должно быть принято с соответствующими поправками на процентное содержание в них CaO и Na_2CO_3 .

Суточная потребность извести и соды определяется по производительности установки и числу часов работы в сутки. Данные о качестве воды при проектировании принимаются согласно анализам с учетом максимальных значений $Ж_в$, $Ж_n$ и CO_2 .

Потребность извести и соды во время эксплуатации определяется систематически в соответствии с данными анализов в различное время.

В результате умягчения вода не освобождается полностью от солей жесткости; реакция не идет до конца. CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ трудно удалить полностью, так как они в весьма незначительной степени растворяются в воде. Остаточная жесткость колеблется до 4 — 5 нем. гр. и зависит от качества и температуры обрабатываемой воды и работы водоумягчителя в целом. При подогреве воды до температуры 80 — 85° реакция ускоряется, улучшается выпадение осадка и остаточную жесткость можно снизить до 1° (при нагреве часть бикарбонатов выпадает за счет удаления углекислоты).

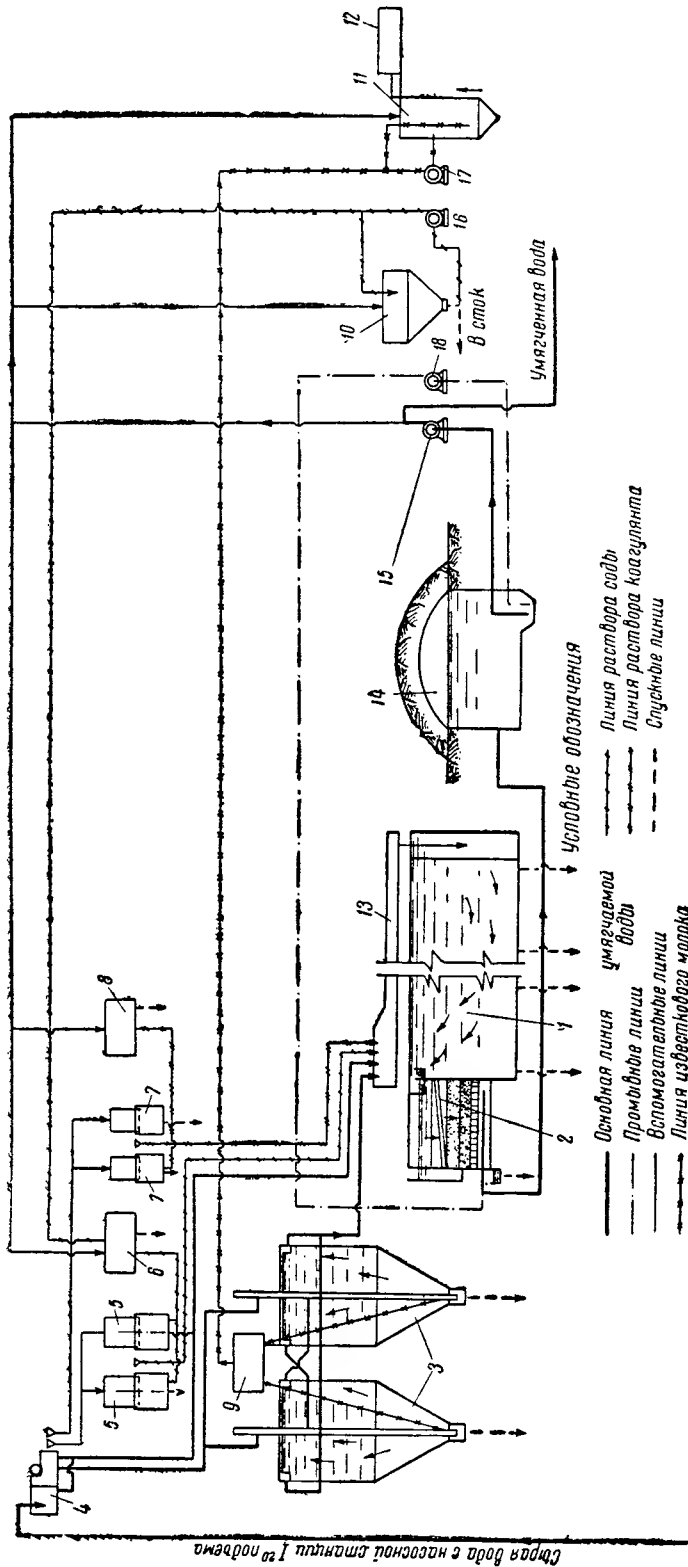
Целесообразность подогрева подчеркивается при использовании умягченной воды (подогретой) для питания стационарных паровых котлов; для питания паровозных котлов такой подогрев не осуществляется, так как вода в системе водоснабжения вновь охладится.

Указанная остаточная жесткость может иметь место при правильной дозировке реагентов. При недостатке извести и соды остаточная жесткость повышается. Избыток извести и соды приводит к образованию едкого натра $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + 2\text{Na}(\text{OH})$. Избыток соды также приводит к образованию в котле едкого натра. При значительном избытке реагентов получается высокая щелочность умягченной воды; в этом случае, как уже указывалось, имеют место разъедание арматуры, вспенивание и бросание воды в паровозном котле и унос воды паром. Избыток извести приводит к образованию в котле накипи.

Б. КОНСТРУКЦИИ ВОДОУМЯГЧИТЕЛЕЙ И ОТДЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИХ

Среди ряда разнообразных систем водоумягчителей, действующих по известково-содовому методу, системы, принятые в СССР на жел.-дор. транспорте, сводятся в основном к конструкции «Струя» вертикального типа (около 80% установок) и «Струя» горизонтального типа (около 20% установок). На фиг. 413 представлена технологическая схема, а на фиг. 414 и 415 — схемы устройства и действия выполненных водоумягчителей «Струя» вертикального и горизонтального типов. На фиг. 417 и 418 представлены значительно улучшенные схемы этих водоумягчителей с рядом конструктивных изменений по сравнению с выполненными до сих пор установками. В последние схемы введены мешалки для извести и соды, вынесен фильтр из горизонтального отстойника, предусмотрено коагулирование и т. д.

Как видно из фиг. 417 и 418, водоумягчители рассматриваемого типа состоят из:



Старая вода с насосной станцией 1^{го} подъема

Фиг. 417

1—отстойник; 2—фильтр; 3—сатуратор; 4—волораспределитель; 5—бак вытеснителя соды; 6—бак для соды; 7—бак вытеснителя коагулянта; 8—бак для коагулянта; 9—бак для извести; 10—соловая мешалка; 11—известковая мешалка; 12—твородо; 13—смеситель; 14—резервуар; 15—насос; 16—насос для перекачки раствора соды; 17—насос для перекачки известкового молока; 18—насос для промывки фильтров

а) устройства, распределяющего воду; часть воды поступает непосредственно в отстойник, часть — в сатуратор для насыщения известью (или в дозаторы) и часть — в вытеснители содового раствора;

б) устройств для приготовления известкового теста и молока (творила, насос для перекачки извести, промежуточный бачок и т. д.);

в) сатураторов для приготовления насыщенного раствора извести в должном количестве;

г) устройств для приготовления содового раствора и подачи его в должном количестве (баки, содовые вытеснители);

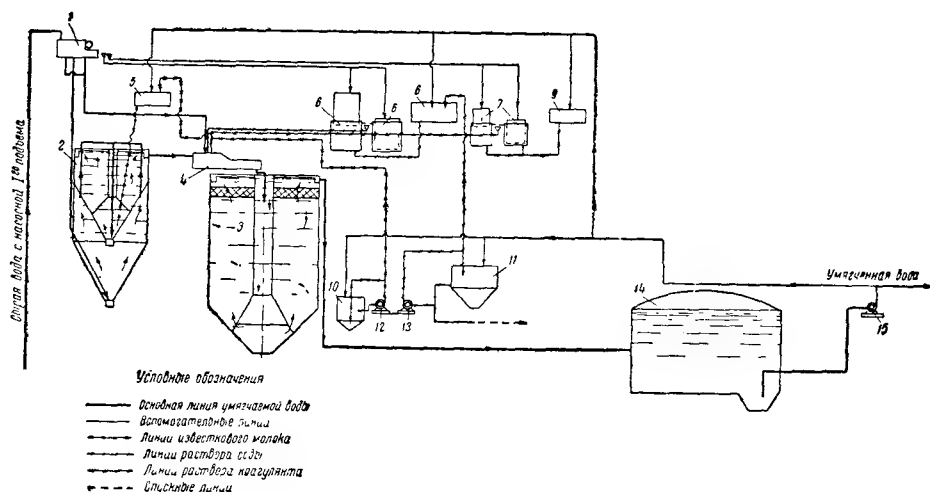
д) смесителя;

е) отстойников;

ж) фильтров;

з) вспомогательных баков, трубопроводов, насосов и т. д.

Основное различие между горизонтальным и вертикальным типами умягчителей — в конструкции сатураторов и отстойников: изменяются схема расположения сооружений и движения воды и связанная с этим площадь и высота здания.



Фиг. 418

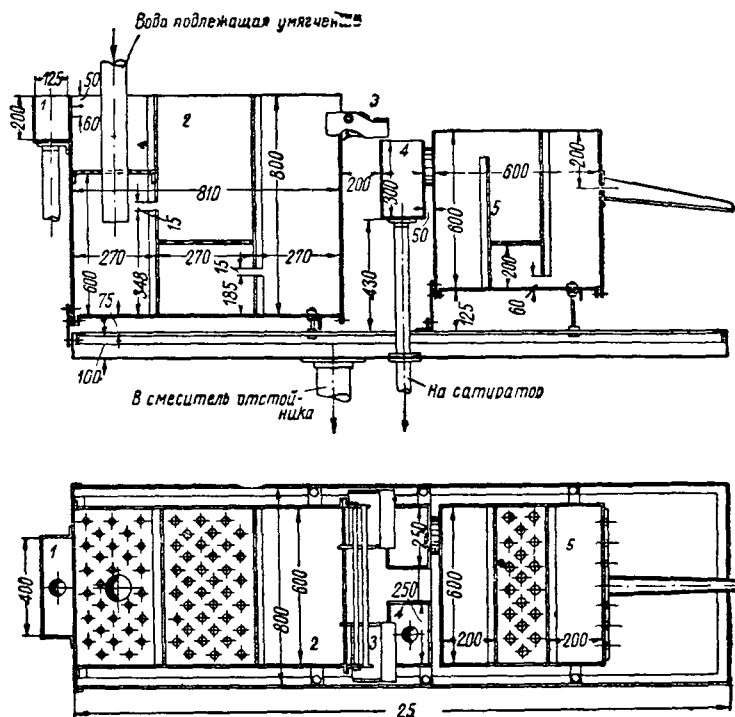
1—водораспределитель; 2—сатуратор; 3—отстойник; 4—смеситель; 5—бак для известкового молока; 6—баки вытеснители соды; 7—баки вытеснители коагулянта; 8—бак для раствора соды; 9—бак для раствора коагулянта; 10—мешалка для извести; 11—содовая мешалка; 12—насос, для известкового молока; 13—насос для перекачки раствора соды; 14—резервуар для воды; 15—насос

§ 4. Распределитель воды

В умягчителях рассматриваемого типа дозировка извести и соды и распределение воды для приготовления и подачи их являются особо важными.

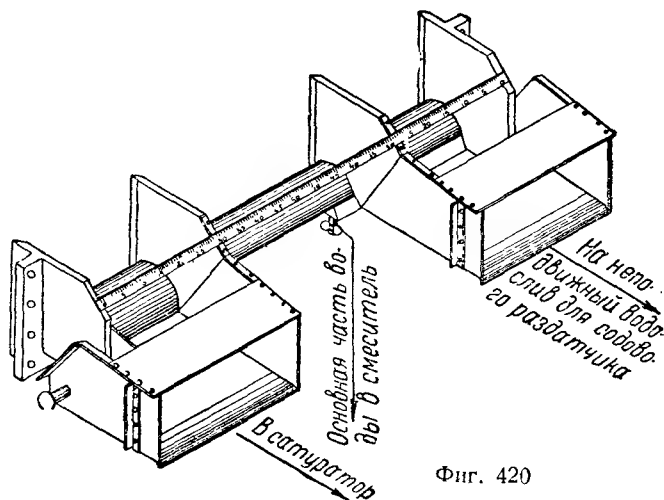
На фиг. 419 представлен один из распределителей, представляющий собой железный бак с перегородками, служащими для успокоения струи, и горизонтальным водосливом в передней стенке. Водослив снабжен шкалой со 100 делениями. Вертикальными перегородками, связанными с двумя подвижными ковшами, он делится на три неравные части. В соответствии с этим и струя воды делится на распределителе на три неравные части: одна струя идет на сатуратор для приготовления известкового раствора, другая — в смеситель и отстойник, а третья делится на более мелкие струи на неподвижном водосливе (двухдольная доска с несколькими одинаковыми отверстиями); одна из этих струй идет в содовый вытеснитель, а остальные возвращаются в смеситель и отстойник. При добавлении к умягченной воде коагулянта с последнего (неподвижного) водослива отделяется соответствующая струя, идущая к вытеснителю раствора коагулянта. Число делений, захватываемых тем или иным передвижным ков-

шом (фиг. 420), определяет количество воды, идущее для указанных целей. При изменениях количества воды, поступающей на умягчитель, пропорциональность деления потока (струи) на части сохраняется такой же, как это было установлено (изменяется толщина струи на всем водосливе).



Фиг. 419

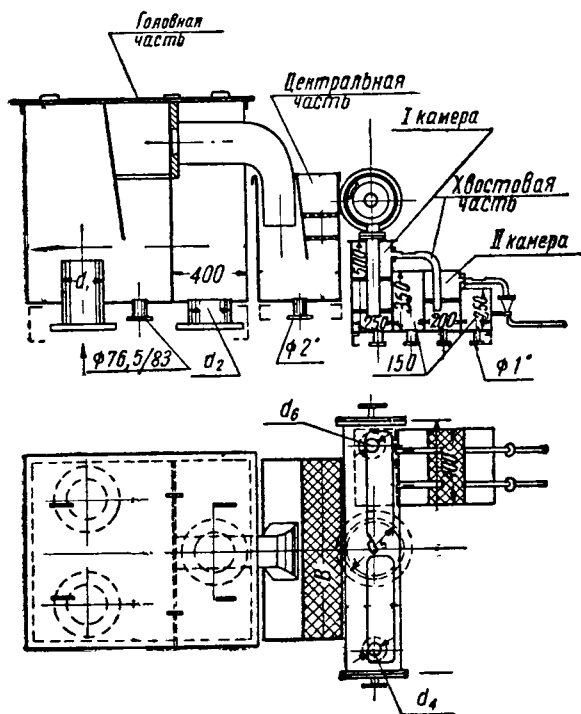
На фиг. 421 приведен другой распределитель воды (проект стандарта Главэнергопрома). Распределитель состоит из головной, центральной и хвостовой частей. Головная часть делит подлежащую умягчению воду на струи, из коих одна идет в центральную часть распределителя, а другая — в смеситель. Эта часть состоит из успокоительной камеры, делительной доски с горизонтально расположенными отверстиями, делящими весь поток на струи, коробка для отведения воды в смеситель и жолоба, отводящего одну из струй в центральную часть. Последняя состоит из успокоительной камеры и распределительного цилиндра с двумя перемещающимися внутри его дисками, делящими воду на три струи: одна направляется в хвостовую часть, вторая — на сатуратор и третья — в смеситель. Хвостовая часть служит для деления поступившей в нее струи на отдельные мелкие струи, из которых одна или две идут к содовому вытеснителю или



Фиг. 420

дозаторам. Эта часть также состоит из успокоительных камер, делительной доски, желобов и короба.

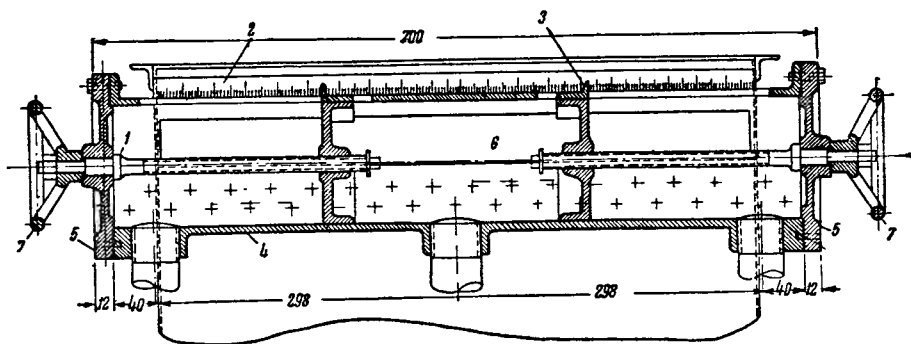
Для станций производительностью до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ при установке дозаторов сифонного типа обычно ограничиваются установкой лишь центральной части; для аналогичных устройств производительностью выше $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ — установкой головной и центральной частей. Для станций производительностью до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ при установке в тесноте обычно ограничиваются центральной и хвостовой частями, а для большей производительности необходима установка всех трех частей.



Фиг. 421

распределителя. Части должны быть выполнены из нержавеющей металла и хорошо приработаны, иначе возможно нарушение точности дозирования. Диски и внутренняя стенка распределительного цилиндра, кромки прорезов в нем (водослив) и т. д., а также и все делительные доски должны иметь противокорро-

На фиг. 422 представлен отдельно распределительный цилиндр с водосливом (конструкция проф. И. Л. Гордона) и перемещаемыми дисками, делящими поступающую в распределительный цилиндр воду на три части, направляемые на сатуратор, в хвостовую часть и в смеситель отстойника. Деление потока воды происходит согласно положению дисков, устанавливаемых по имеющейся шкале с делениями. Перемещение дисков достигается вращением маховичков, что проще, чем перемещение подвижных желобов у ранее рассмотренного



Фиг. 422

1—ось; 2—рейка; 3—передвижные диски; 4—корпус; 5—крышка; 7—маховичок

зийную защиту (например хромирование с предварительным омеднением). Кромки водослива должны быть строго горизонтальны.

В процессе эксплуатации может иметь место изменение количества умягчаемой воды, изменение качества подаваемой на умягчитель воды или изменение

того и другого. В первом случае изменения количества воды, идущей на сатуратор и содовый вытеснитель, происходят автоматически; изменяется толщина струи на водосливе, а соотношение струй остается постоянным.

Во втором случае необходимо переставлять подвижные ковши, ослабляя арашек и закрепляя его в новом положении, или переставлять диски (в соответствии с расчетом). Желательно иметь заранее составленную таблицу для числа делений водослива при изменениях карбонатной и некарбонатной жесткости воды.

Распределитель воды рассчитывается как незатопленный водослив с тонкой стенкой по формуле:

$$Q = m_0 b \sqrt{2gH^{\frac{3}{2}}}$$

Из формулы определяется ширина водослива b при высоте H — статическом напоре на водосливе (слой воды над кромкой порядка 0,01 — 0,05 м) и m_0 — коэффициенте расхода через водослив, равном примерно 0,40. Обычно ширина подвижного водослива b нежелательна более 0,8 — 1 м. Если она получается большей — вся струя предварительно делится отверстиями на неподвижном водосливе на несколько равных частей: одна из них поступает на подвижный водослив для дальнейшего деления на нем.

Пример. При производительности установки $Q = 200 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $H = 0,05 \text{ м}$

$$b = \frac{200}{3600 \cdot 0,40 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,05^{\frac{3}{2}}}} = 3,2 \text{ м.}$$

При $J_s = 13,9$ нем. гр. и содержании MgO в воде 92 мг/л расход чистой CaO составит: $10 \cdot 13,9 + 1,4 \cdot 92 = 267,8 \text{ мг/л}$.

Количество известковой воды (в процентах от общего количества воды) зависит от расхода CaO и (как это указано ниже) от температуры воды, обуславливающей крепость раствора. При максимальной температуре 30° и крепости раствора 113° (1130 мг/л) количество известковой воды составит:

$$\frac{267,8}{1130 + 267,8} \text{ или } \frac{267,8 \cdot 100}{1397,8} \%$$

от общего количества воды, т. е. около 19%.

Действительно, если Q — все количество воды, подаваемое на водоумягчитель в м^3 , x — количество воды, отделяемое на сатуратор в м^3 и если расход чистой CaO составляет $267,8 \text{ мг/л}$, а максимальная крепость раствора в соответствии с температурой составляет, например, 113° или 1130 мг/л , то:

$$(Q - x) 267,8 = x \cdot 1130,$$

ибо умягчать в отстойнике необходимо лишь $Q - x \text{ м}^3$.

Из уравнения следует:

$$x = \frac{267,8}{267,8 + 1130} Q,$$

или $x = 0,19 Q$ (19% от Q).

При $J_n = 15,6$ нем. гр. расход чистой соды составит:

$$18,9 \cdot 15,6 = 294,84 \text{ мг/л};$$

при крепости раствора соды в 5% количество потребного раствора соды составит.

$$\frac{294,84 \cdot 100}{294,84 + 50000} \approx 0,58\% \text{ от } Q.$$

Действительно, если количество воды, отделяемое в содовый вытеснитель, обозначить через y , то при 5%-ном растворе (обычно крепость раствора 2 — 5%) имеет место равенство:

$$50000 y = 294,84 (Q - y),$$

откуда

$$y = \frac{294,84}{294,84 + 50\,000} Q.$$

Предварительно разделив в водораспределителе полную струю на три части, пропускаем далее одну часть на подвижной водослив, ширина которого равна

$$\frac{3,2}{3} \approx 1,07 \text{ м.}$$

На водосливе отделяем части в соответствии с полученными величинами 19 и 0,58%:

$$\frac{19 \cdot 3,2}{100} = 0,610 \text{ м и } \frac{0,58 \cdot 3,2}{100} = 0,0186 \text{ м.}$$

Струю, отделяемую для содового раствора на подвижном водосливе, ввиду ее незначительности для большей точности деления увеличиваем в 10 раз; далее пропускаем через неподвижный водослив с 10 отверстиями, отбирая здесь струю на содовый вытеснитель из одного отверстия.

В расчете указан принцип, по которому следует, варьируя определенным образом, подобрать необходимую конструкцию распределителя воды с тем или иным числом неподвижных водосливов и с тем или иным их расположением.

Известны и иные распределители воды, основанные на той же идее разделения струи.

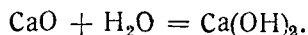
§ 5. Реагенты при известково-содовом методе умягчения

А. ИЗВЕСТЬ

Известь СаО получается при обжиге в известковых печах известняков до возможно полного выделения из них углекислоты СО₂.

Полученная после обжига комовая негашеная известь представляет куски белого или грязно-белого цвета различной величины и содержит безводную окись кальция СаО, большее или меньшее количество примесей, имевшихся в известняке, недожженный известняк, пережог и т. д.

Гашеная известь получается при добавлении к комовой извести некоторого количества воды и имеет вид порошка (пушонка), представляющего в основном гидрат окиси кальция Са(ОН)₂:



При гашении извести достаточным количеством воды получается известковое тесто, способное долго сохраняться в известковых ямах без доступа воздуха; свойства извести при этом не ухудшаются.

При дальнейшем разбавлении водой известкового теста получается жидкость молочного цвета — известковое молоко — той или иной крепости, т. е. с тем или иным содержанием СаО. Известь мало растворима в воде, причем растворимость ее с повышением температуры уменьшается.

Раствор извести носит название известковой воды или при предельном содержании СаО — насыщенного раствора и обладает свойствами сильной щелочи.

Предельное содержание СаО в насыщенном растворе в зависимости от температуры приведено в табл. 4.

На воздухе СаО соединяется с СО₂ и образует углекислый кальций СаО + СО₂ = СаСО₃, поэтому известковая вода на воздухе мутится, а известь желательно получать нележавшую (после обжига) и хранить ее в кучах, затрудняя доступ воздуха и влаги. При не очень больших расходах лучше хранить известь в виде теста.

Воздушная комовая известь должна содержать 80 — 85% СаО, однако, продажная известь в различных местах с различных известковых заводов, обжигающих притом разные известняки, имеет различное содержание СаО — от 40 — 50% и выше; известь по существу некондиционна.

Таблица 4

Температура воды в °С	Содержание СаО в мг/л
0	1 430
10	1 330
20	1 230
30	1 140
40	1 050
50	950
60	860
70	760
80	670
90	580
100	490

Содержание мелочи (куски до 15 мм) в комовой извести должно быть небольшим, примерно 10%. Содержание в гашеной извести зерен размером более 0,6 мм не должно превышать 10% от общего веса гашеной извести.

Тесто, полученное из комовой негашеной извести, не должно содержать более 10% непогасившихся зерен крупностью более 0,6 мм.

Для гашения 1 т извести необходимо 0,35 — 0,40 м³ воды. Насыпной вес негашеной извести (вес 1 м³) около 1 — 1,5 т в зависимости от крупности кусков, то же для пушонки — около 1 т. Известковое тесто, приготовленное из 1 т извести, занимает объем около 1,33 м³; известковое молоко, приготовленное из 1 т извести, занимает объем примерно около 4 м³ (в зависимости от концентрации).

Приведенные данные вследствие некондиционности извести должны рассматриваться лишь как ориентировочные; например, так называемая жирная негашеная известь, полученная из известняков с небольшим содержанием примесей (глины, песка), образует пластичное тесто, занимающее большой объем: при гашении 5 кг — не менее 11 л теста; тощая известь, полученная обжигом известняков с большим содержанием примесей, гасится медленней, дает менее пластичное тесто, занимающее меньший объем.

Б. СОДА

Углекислый натрий Na_2CO_3 , или сода, имеет при обработке воды значительное применение; получается она заводским путем. Раствор соды имеет щелочную реакцию; растворимость ее меняется с температурой, при 33,5° она наибольшая (100 ч. воды растворяют 59 ч. соды); вообще сода относится к относительно легко растворимым реагентам. Продажный продукт (прокаленная угленатриевая соль), известный под именем кальцинированной соды, имеет вид белого порошка и относительно чист; примесей не более 2% (согласно стандарту содержание Na_2CO_3 не менее 98 %).

В. СЕРНОКИСЛЫЙ ГЛИНОЗЕМ

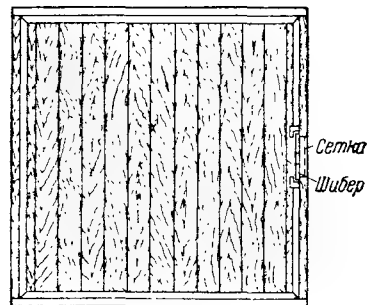
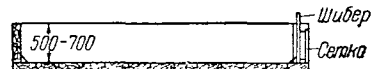
Сернокислый глинозем на станциях умягчения имеет более ограниченное применение; подробная характеристика дана выше в разделе обработки воды, где коагулянт имеет исключительно большое применение.

§ 6. Приготовление растворов

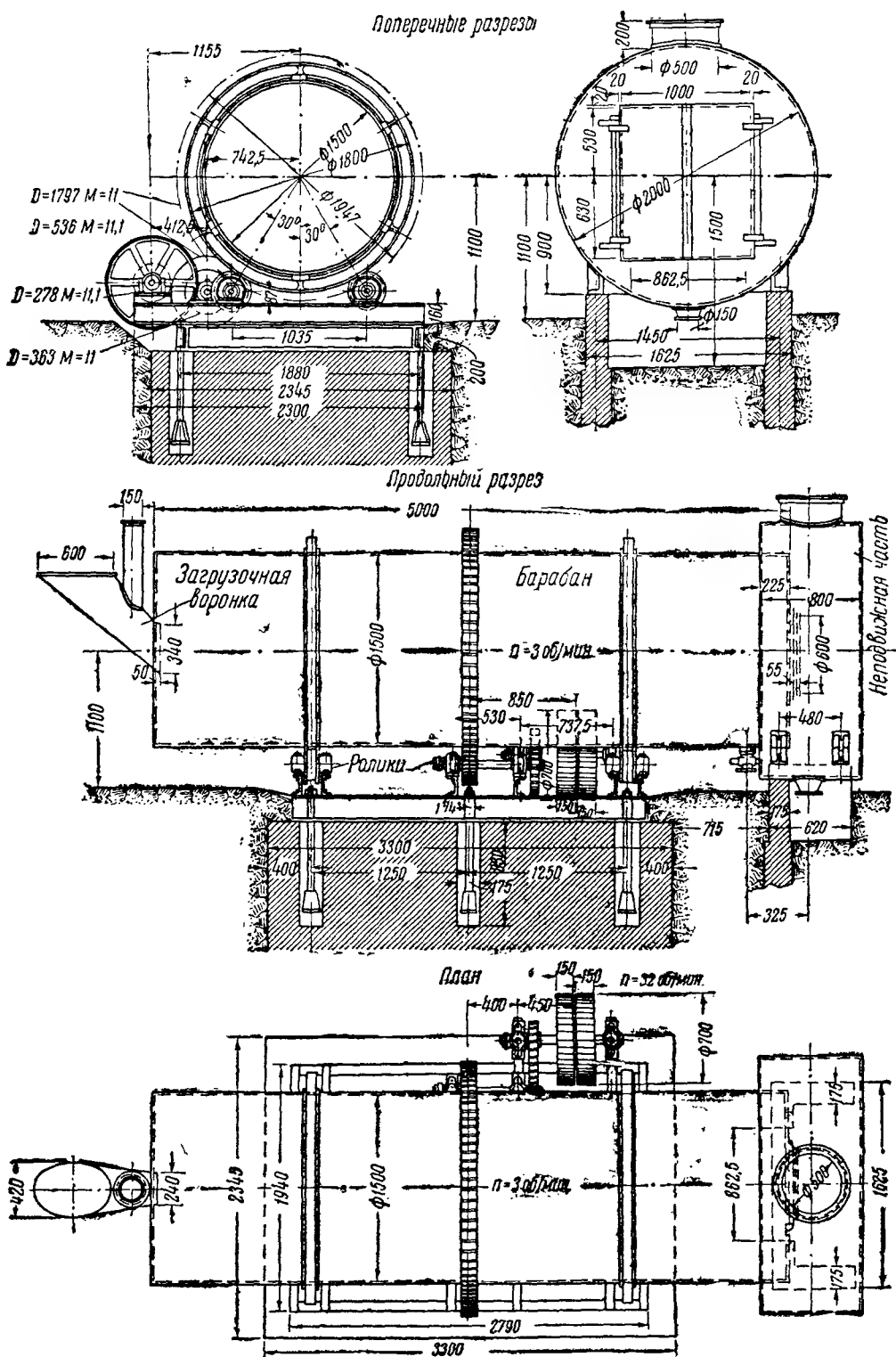
Гашение извести может производиться или механическим путем в аппаратах «Мика» или ручным — в особых ящиках-сджежах.

Сджежа представляет собой деревянный ящик высотой 0,5 — 0,7 м (фиг. 423), куда загружается продажная известь и подводится вода; густое молоко по лотку переводится далее в известковую мешалку. Творила применяются для выдерживания известкового теста; с увеличением времени соприкосновения извести с водой улучшается процесс гашения.

На фиг. 424 изображен аппарат «Мика», служащий для гашения извести и получения известкового молока. Аппарат состоит из горизонтальной цилиндри-



Фиг. 423

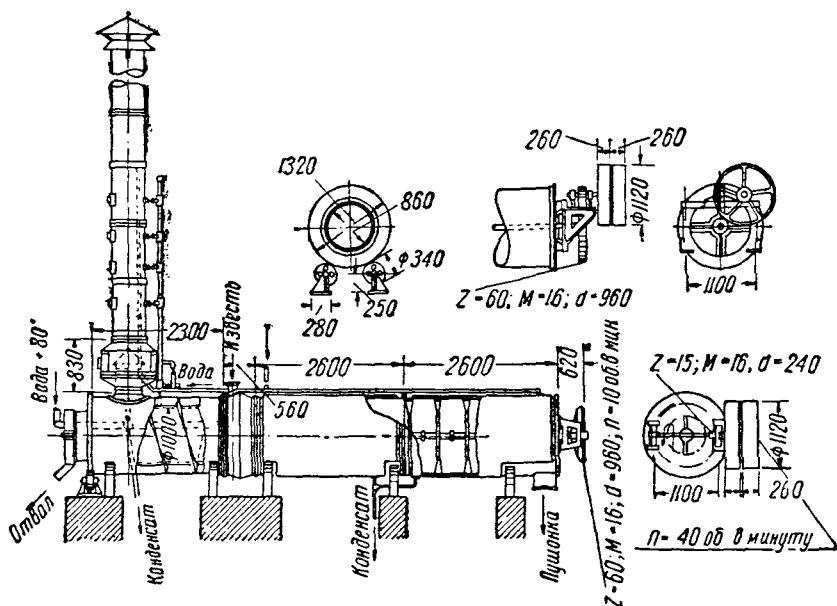


ческой части—барабана, неподвижной головки и загрузочной воронки. Барабан вращается вокруг горизонтальной оси на роликовой опоре; ременный привод действует на укрепленное на нем зубчатое колесо; число оборотов до 4—5 в 1 мин. Внутри барабана укреплены расположенные винтообразно железные лопатки.

Железные дырчатые ковши служат для удаления недожженного известняка и других примесей. Загрузка извести происходит слева. Загрузочная воронка и выходная головка оборудуются вытяжными трубами для удаления паров воды, выделяющихся при гашении извести, и известковой пыли.

Завод «Прогресс» Химмаштреста изготавливает аппараты лишь больших размеров. Наименьший диаметр барабана 1 000 мм, длина 4 000 мм, суточная производительность 25 т (считая по СаО), необходимая мощность мотора 2 ЛС. Изображенный на фиг. 424 аппарат имеет суточную производительность 40 т.

Отсутствие в производстве стандартных аппаратов меньшей производительности практически лишает возможности широкого использования их на станциях умягчения воды на жел.-дор. транспорте.



Фиг. 425

На фиг. 425 представлен аппарат системы Шульцеса для непрерывного гашения извести до получения пушонки. Аппарат состоит из неподвижного цилиндра с наружной рубашкой. Вращающаяся ось несет на себе на $\frac{1}{3}$ длины сетчатый барабан со спиралью, укрепленной на его наружной поверхности, и на остальной длине — соответствующим образом расположенные лопатки.

Негашеная известь поступает через воронку в дырчатый барабан, сюда же через трубу с мелкими отверстиями подается необходимое количество воды. Пар, образующийся во время гашения, и известковая пыль удаляются при помощи вытяжной трубы.

В барабане образуется пушонка — порошок, который просыпается через отверстия барабана, окончательно гасится и передвигается лопатками к разгрузочной воронке.

Примеси задерживаются внутри барабана и далее удаляются через воронку.

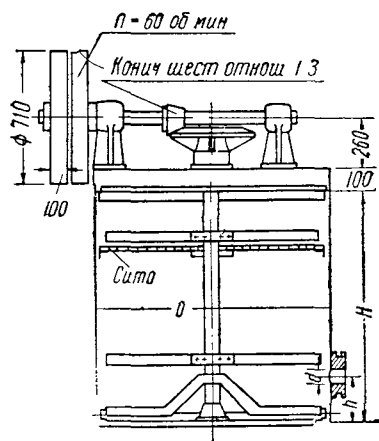
Для улучшения работы аппарата в начале гашения в наружный его рубашку подводится горячая вода. Производительность описанного аппарата 1 700 кг/ч, вес 8 800 кг, потребная мощность мотора 8 ЛС. Указанный аппарат рассчитан на большую производительность, что вообще затрудняет его приме-

нение на малых станциях, хотя им можно было бы производить гашение всей прибывшей партии извести.

Аппараты эти очищают известь от примесей, дают однородную пушонку или однородное известковое молоко; приготовление того или другого происходит в закрытом барабане; процесс идет быстро. Пушонка или молоко может готовиться по мере надобности; условия работы с известью здесь при механизированном процессе несравненно легче для рабочих и менее вредны для их здоровья.

На фиг. 426 изображена мешалка для известкового молока—Химмаштреста. Это — клепаный или сварной цилиндрический сосуд с плоским дном, крышкой с откидным люком и штуцерами и Лопастной мешалкой с приводом в верхней части.

У мешалки две лопатки и между ними горизонтальное металлическое сито для задержки нерастворимых примесей. Число оборотов мешалки 15 — 20 в 1 мин. На фиг. 427 представлен деревянный бак с мешалкой для приготовления известкового молока из известкового теста.



Фиг. 426

Для гашения извести и заготовки известкового молока на небольших станциях умягчения воды применяется цилиндрический бак с плоским днищем и дырчатой трубой внутри бака, служащей для задержки примесей. Отверстие в нижней части бака закрывается конической пробкой, проходящей внутри дырчатой трубы; после загрузки необходимого количества извести и гашения ее идет приготовление известкового молока, при этом вода и известь перемешиваются веслом. По приготовлении молока пробка поднимается и последнее перепускается в сатуратор. При определении потребной емкости бака можно исходить из содержания в известковом молоке 10% CaO .

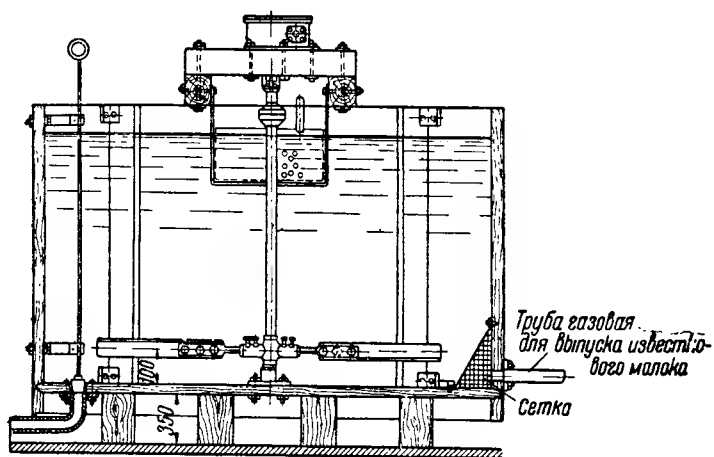
На станциях умягчения воды при значительном расходе извести растворение ее и приготовление известкового молока идут обычно вниз. На фиг. 428 изображен бак-мешалка для приготовления известкового молока из гашеной извести, предварительно подготовленной в гасильных ящиках. Соответствующее оборудование трубопроводами и задвижками и установка насоса позволяют всасывать из бака воду с известью и нагнетать их в этот же бак; так осуществляют перемешивание извести с водой и приготовление известкового молока; при соответствующем переключении задвижек известковое молоко тем же насосом подается вверх в сатуратор или бак для известкового молока.

Гасильные ящики, или творила, должны быть так расположены, чтобы гашеная известь или густое молоко при добавлении воды без труда могли из них переводиться в мешалку. Конец всасывающей трубы при помощи особого привода может поворачиваться вверх и вниз; первое делается при перемешивании жидкости насосом, второе — при подаче готового известкового молока вверх. Нерастворившиеся примеси спускаются из нижней части бака при открытии соответствующей задвижки. Периодически бак промывается водой.

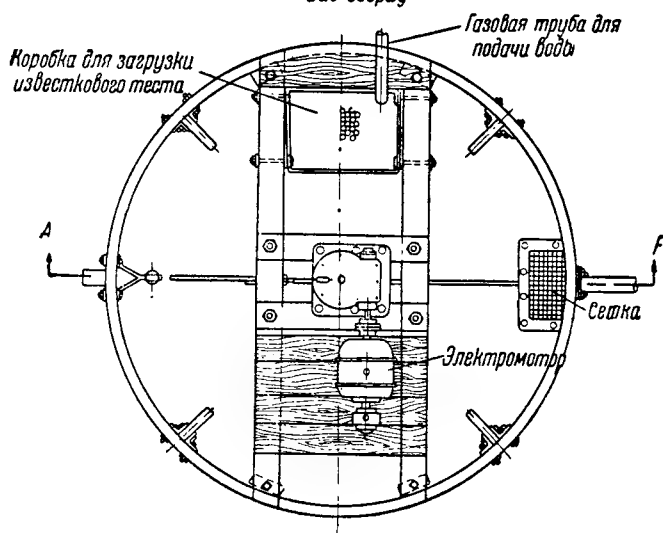
Для приготовления и хранения растворов соды применяют стальной бак. Растворение соды идет без особого труда; перемешивание — вручную веслом; воду для растворения рекомендуется нагревать до 25 — 40°, так как при этом не образуется комков. При необходимости непрерывной подачи растворов соды станция оборудуется двумя баками.

При больших расходах соды для приготовления растворов может быть использована описанная установка бака-мешалки.

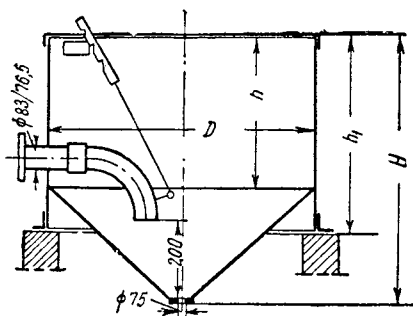
На станциях умягчения воды расход сернокислого глинозема обычно незначителен и здесь как для растворения, так и для хранения раствора вместо обыч-



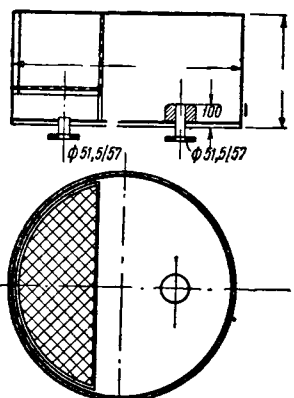
Вид сверху



Фиг. 427



Фиг. 428



Фиг. 428a

ных более громоздких баков можно ограничиться установкой бака с находящимся внутри решетчатым ящиком для загрузки коагулянта (фиг. 428а).

Растворение ускоряется при перемешивании раствора вручную или при подводе пара.

§ 7. Дозирование извести

Дозирование извести возможно при работе насыщенным раствором или известковым молоком.

Дозирование насыщенных растворов извести осуществимо с достаточной точностью, ибо насыщенные растворы имеют определенную крепость (при данной температуре), т. е. совершенно определенное содержание СаО в растворе.

Приготовление насыщенных растворов происходит в сатураторах — сооружениях большого объема, требующих при этом соответствующую кубатуру здания и, следовательно, большие капиталовложения. Нужно отметить, что в сатураторах с определенного момента может идти постепенное снижение концентрации; здесь же часть извести остается неиспользованной. Дозирование молоком при условии, если последнее однообразно за все время использования его из реагентного бака и процентное содержание в нем СаО установлено, также может быть достаточно точным и при этом позволяет обойтись сравнительно простыми устройствами и приборами — дозаторами, имеющими незначительный объем и незначительную (по сравнению с сатураторами) стоимость. При отсутствии указанного однообразия, дозирование молоком не может быть точным.

Иногда дозирование известкового молока может производиться плунжерным насосом, причем изменение дозы известкового молока может достигаться изменением числа ходов поршня.

При содержании СаО в насыщенном растворе (например при 10°) 1 330 мг/л, а в 5%-ном известковом молоке — 50 000 мг/л легко представить, как должны отличаться объемы сатураторов и дозаторов, дозирующих известковое молоко. Меньшая точность при дозировании известкового молока дозаторами частично может явиться следствием неодинакового содержания СаО в единице объема приготавливаемого и подаваемого раствора. Но в США почти всюду на умягчительных установках, даже малых, известь используют в виде известкового молока.

При небольшом процентном содержании активной извести зарядка сатураторов становится более частой, и известь, как указывалось, используется неполностью. Следует еще иметь в виду, что сатураторы на очень жестких водах работают недостаточно хорошо.

Из изложенного следует:

а) установку сатураторов можно проектировать для станций умягчения известково-содовым методом производительностью не выше 100 м³/ч;

б) работу с известковым молоком и установку дозаторов следует рекомендовать для станций умягчения известковым и известково-содовым методом больших производительностей, но при обязательном строго поставленном непрерывном химическом контроле за эксплуатацией и в частности за содержанием СаО в подаваемом известковом молоке;

в) работу с известковым молоком и установку дозаторов можно рекомендовать для комбинированного метода умягчения известью и цеолитами, не требующего столь большой точности дозирования при предварительном известковании воды, но с тем же условием обязательности непрерывного контроля процессов производства.

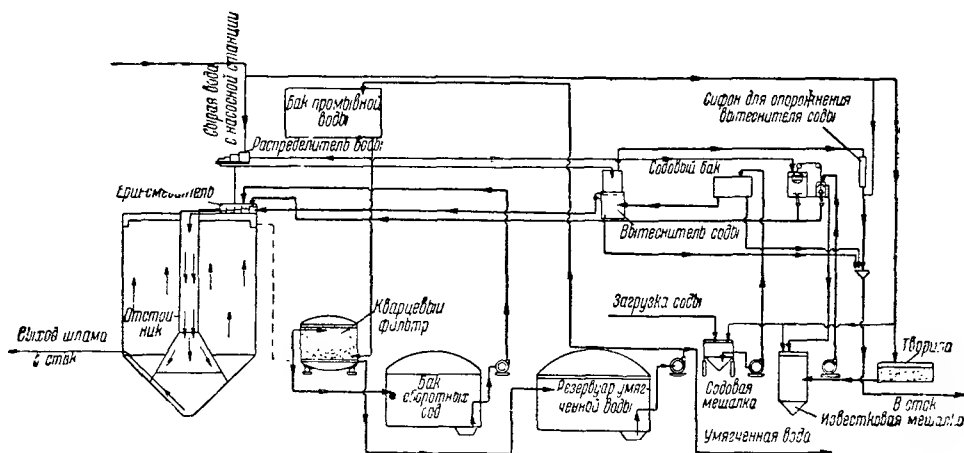
Естественно, что и сатураторы требуют периодического контроля качества известковой воды.

Все сказанное относится к случаям работы с известью удовлетворительного качества и при удовлетворительной работе дозаторных устройств, конструкции которых пока лишь начинают у нас внедряться.

Отсутствие достаточно изученных конструкций дозаторов известкового молока заставляет еще часто проектировать сатураторы при явной их экономической нецелесообразности, однако, практика ближайшего будущего (изучение

и внедрение конструкций дозаторов) приведет к значительному уменьшению числа станций с сатураторами.

На фиг. 429 показана схема технологического процесса станции умягчения воды известково-содовым методом производительностью 100 м³/ч с установкой дозаторов известкового молока; напорный кварцевый фильтр служит для осветления умягченной воды после отстойника. При установке дозаторов содержание СаО в известковом молоке следует пока принимать в пределах до 5%, снижая его до 4, 3 и даже 2% в случаях незначительного (50% и ниже) содержания СаО в используемой извести.



Фиг. 429

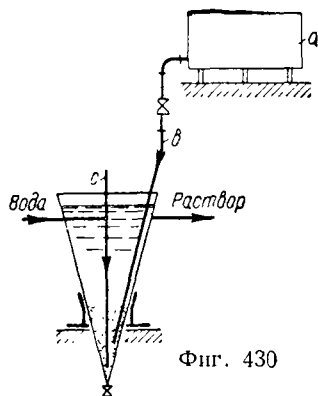
Известковое молоко принятой крепости предварительно заготавливается в баках с мешалками или иных (перемешивание воздухом не допускается вследствие образования при этом углекислого кальция за счет CO_2 , содержащейся в воздухе).

Чтобы трубы для известкового молока не загрязнялись и имела возможность прочистки их, на поворотах устанавливаются пробки.

§ 8. Сатураторы

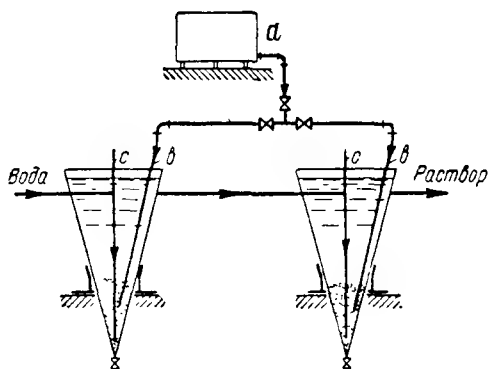
На фиг. 430 изображена схема действия простейшего сатуратора; последний выполнен в виде воронки, в нижнюю часть которой из бака *a* по трубе *b* периодически подается известковое молоко; сюда же по трубе *c* с распределителя непрерывно поступает вода в том количестве, в каком необходим насыщенный раствор. Вода взмучивает известковое молоко и насыщается известью; далее в средних и особенно в верхних частях сатуратора вода освобождается от взвешенных частиц извести, что очень важно для точности дозирования, и частично от получающегося осадка и выходит из сатуратора. Скорости движения воды в нижних частях сатуратора до 10 — 12 мм/сек, далее уменьшаются и в верхних доходят до 0,2 — 0,3 мм/сек.

При работе водоумягчителя вначале насыщение воды СаО идет нормально, но через некоторый промежуток времени начинается постепенное снижение концентрации, и раствор выходит недонасыщенным; тогда в сатуратор необходимо подать свежую порцию известкового молока, а часть отработанной извести спустить в канализацию. Это вызывает перерыв в работе установки и ведет к недостаточно полному использованию извести. Лучшие результаты получаются при



Фиг. 430

двойном насыщении. По схеме фиг. 431 предусматривается окончательное насыщение во втором сатураторе, но принцип двойного насыщения здесь полностью не осуществляется. (Буквенные значения на фиг. 431 те же, что и на фиг. 430.)

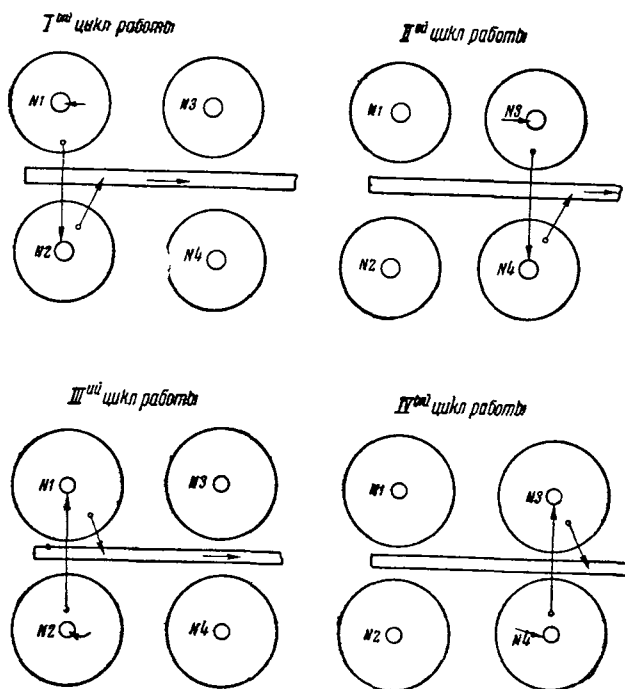


Фиг. 431

тураторов; вода поступает в сатуратор № 1, далее в № 2, где окончательно насыщается известью; процесс идет до начала истощения извести в сатураторе № 1. После этого включается в работу вторая пара сатураторов, а первая пара выключается, и сатуратор № 1 догружается свежей известью. Режим работы второй пары сатураторов таков: вода поступает в сатуратор № 3 и далее в сатуратор № 4, где окончательно насыщается известью; так работает вторая пара до начала истощения извести в сатураторе № 3, после этого вторая пара выключается и включается в работу первая пара, при этом сатуратор № 3 догружается свежей известью. Режим работы первой пары теперь таков: вода поступает вначале в сатуратор № 2, где встречается относительно истощенную известь, и далее поступает для окончательного насыщения в сатуратор № 1, где встречается свежую известь, и т. д. с тем, что сырая подвергаемая обработке вода вначале встречается отработанную известь, а окончательное насыщение идет в сатураторах с более свежей известью.

На фиг. 432 даны схемы работы двух пар сатураторов, по которым осуществляется принцип двойного насыщения на ряде водоумягчителей «Струя горизонтальная».

Сатураторы соединены попарно так, что вода может поступать из № 1 в № 2 или из № 2 в № 1 и далее в смешительный жолоб. Точно так же вода может поступать из № 3 в № 4 или из № 4 в № 3 и далее в смешительный жолоб. Перед включением водоумягчителя в нормальную эксплуатацию свежей известью загружаются все четыре сатуратора одновременно. Работает первая пара са-



Фиг. 432

Указанная схема или подобные ей дают более устойчивую работу сатураторов в смысле непрерывного получения насыщенного раствора и приводят к лучшему использованию извести; однако такие схемы с комбинацией из многих сатураторов, требуя большого их числа, большого количества переключений и вообще более сложной эксплуатации, мало жизненны, несмотря на то, что при выключении

сатураторов одной пары после начала истощения в одном из них извести и одновременном включении сатураторов второй пары достигается непрерывная работа сатураторов и водоумягчителя.

Нарушение основного принципа встречного движения воды, насыщаемой известью, и известкового молока (сырая вода встречает отработанную известь) приводит к недостаточному использованию извести.

На фиг. 433 изображен сатуратор Главэнергопрома.

Сатуратор представляет собой цилиндр с нижней наружной конической частью и внутренней конической частью, т. е. как бы два сатуратора, вставленных друг в друга, или один, разделенный на две камеры — верхнюю и нижнюю. Объем верхней камеры примерно в 2 раза больше объема нижней. Внутренняя и наружная конические части переходят в суженные цилиндрические патрубки, образующие зоны, в которых поступающая вода перемешивается с известью и насыщается ею, т. е. зоны насыщения. Сатуратор оборудован трубопроводами, желобами и прочими деталями, назначение которых может быть уяснено из приводимого ниже описания его работы.

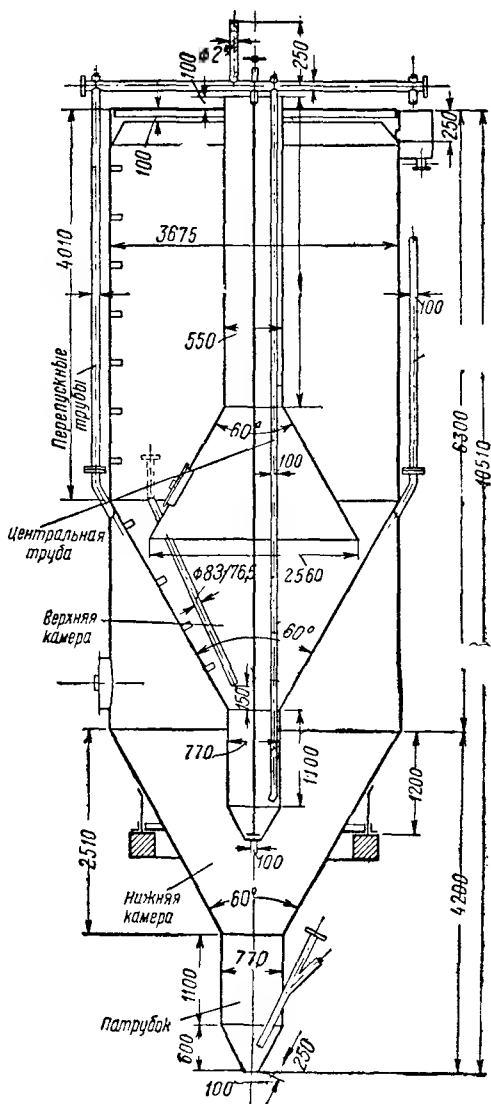
Известковое молоко периодически подается в верхнюю камеру и отсюда периодически перепускается в нижнюю.

Обычно каждую смену или через смену из нижней части сатуратора путем открытия задвижки выпускается осадок и вслед за этим, путем открытия сверху клапана, разъединяющего верхнюю часть сатуратора от нижней, известь, в значительной мере истощенная, перепускается для дальнейшего использования в нижнюю часть сатуратора.

После проведенной в течение 5 — 10 мин. продувки сатуратора известковое молоко, заготовленное в баке над сатуратором, или непосредственно из мешалок подается в верхнюю часть сатуратора.

Путь движения воды иной: вода подается в нижнюю часть (зону насыщения), движется здесь в цилиндрическом патрубке со скоростью 6 — 8 до 15 мм/сек и далее в конической части со скоростью от 6 до 2 мм/сек, встречается с истощенной в той или иной мере известью, находящейся благодаря указанным скоростям во взвешенном состоянии, постепенно насыщается ею и движется далее вверх.

По двум трубам, расположенным снаружи сатуратора, раствор переходит в коллектор в верхней части сатуратора и по особой трубе поступает в зону насыщения верхней камеры, где движется с теми же скоростями, что и в зоне насыщения нижней камеры, и, встречая здесь относительно свежую известь, также находящуюся во взвешенном состоянии, вследствие указанных скоростей, окон-



Фиг. 433

чительно ею насыщается. Скорость движения в цилиндрической части сатуратора 0,2 — 0,3 мм/сек, что приводит к постепенному освобождению насыщенного раствора от взвешенных частиц извести, выпадающих в зону насыщения; насыщенный известковый раствор осветляется, попадает в переливные желоба и отводится далее к смесителю. Осветление насыщенного раствора необходимо во избежание выноса частиц извести из сатуратора, что отразилось бы далее на правильности дозирования. Поэтому в верхней части сатураторов ранее устраивался фильтр из древесной шерсти для задержки взвешенных частиц извести.

Описанный двухкамерный или двухъярусный сатуратор дает большую уверенность в постоянстве концентрации насыщенного раствора; так как вновь поступающая вода соприкасается с частично отработанной известью и в определенной степени насыщается ею, то использование извести здесь при встречном движении с водой может быть значительным.

Сатуратор выполняется из стали марки Ст. 0, конические днища — из стали марки Ст. 2.

В сатураторе водоумягчителя проф. Гордон для улучшения процесса растворения извести установлена мешалка, приводящаяся в действие мотором (фиг. 434). Общий недостаток двухъярусных сатураторов — их большая высота.

Расчет сатураторов производится по заданным скоростям и по времени пребывания в них воды. Скорости в зоне насыщения в цилиндрической части принимаются равными 6 — 8 до 15 мм/сек, в конической части — от 6 до 2 мм/сек и в зоне отстаивания — до 0,2 и 0,3 мм/сек, так как при этих скоростях известковая суспензия не выносятся из сатуратора. Время пребывания воды в сатураторах принимается до 5 — 6 час. и более (Главэнерго), но это время, повидимому, преувеличено, хотя в сатураторах происходят не только насыщение воды известью, но и умягчение с выпадением в осадок CaCO_3 и трудно удаляемой $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Конструируя сатураторы, следует в дальнейшем считаться с факторами, улучшающими коэффициент использования, и стремиться к возможному уменьшению их емкости.

Загрузка сатураторов известковым молоком крепостью 10 — 20% происходит один, два или три раза в сутки.

Соответствующий объем известкового молока должен поместиться в нижней части верхней

камеры двухъярусного сатуратора — зоне насыщения — или в нижней части одноярусного сатуратора, при этом следует учитывать, что часть извести в количестве 10 — 20% может остаться неиспользованной (использование извести может доходить до 90%).

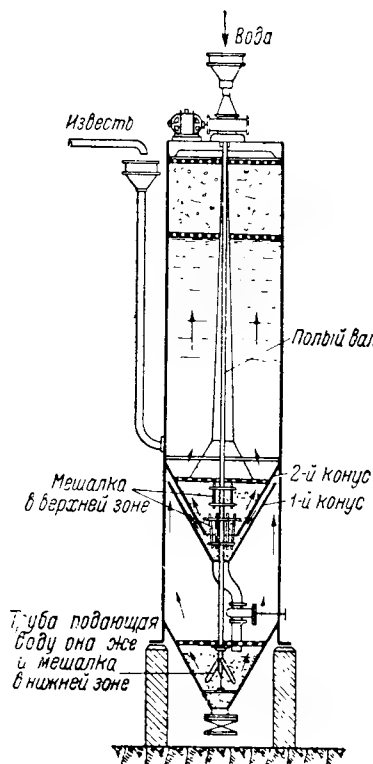
Приняв время пребывания воды в цилиндрической части сатуратора, определяют высоту цилиндрической части:

$$h_1 = 3600 \nu \cdot t \text{ миллиметров, где } \nu \text{ — скорость движения в мм/сек;}$$

t — время пребывания воды в сатураторе в часах.

Общую высоту сатуратора одиночного действия увеличивают примерно на величину диаметра, т. е. принимают равной $3,6 \nu t + D$ метров. Если в верхней части сатуратора устанавливается фильтр из древесной шерсти, то общая высота увеличивается еще примерно на 0,70 — 0,80 м.

Для двухъярусного сатуратора высота цилиндрической части h_1 может приниматься равной примерно $3,6 \nu t$ метров, где t — время пребывания воды в двухъярусном сатураторе; общая высота принимается равной примерно



Фиг. 434

3,6 $vt + D$ метров, а при установке фильтра из древесной шерсти — 3,6 $vt + D + 0,8$ м.

Угол конической части рекомендуется принимать равным 60° , диаметр меньшей окружности усеченного конуса — примерно около $0,2 D$, высоту усеченного конуса — примерно около $0,7D$ и высоту нижнего патрубка — примерно от $0,3$ до $0,5 D$. Количество поступающей воды и намеченные скорости в зоне насыщения позволяют определить сечение патрубка, а скорости движения воды в зоне отстаивания — соответствующее сечение сатуратора. Если последнее получается большим, принимают n одновременно работающих сатураторов и далее определяют диаметр каждого.

Для водоумягчителей «Струя горизонтальная» при двойном насыщении, число сатураторов удваивается.

§ 9. Устройства для дозирования известкового молока

Вопросы дозирования известкового молока при умягчении воды имеют громадное значение, так как дозирование насыщенным известковым раствором или, что то же, известковой водой требует:

- 1) значительных по размерам известковых насытителей—сатураторов;
- 2) большую кубатуру здания станции.

При применении специальных устройств по дозированию известкового молока водоумягчительная установка упрощается.

Известковый раствор, прошедший через фильтр сатуратора, не имеет примесей и нерастворившихся частиц извести, поэтому при перемешивании его с сырой водой он лучше и полнее вступает в реакцию. Вступление в реакцию известкового молока с возможным содержанием незагасившихся частиц может быть несколько замедленным, поэтому для наилучшего контакта с сырой водой и лучшей реакции необходим некоторый промежуток времени (5 — 10 мин.), в течение которого идет хорошее смешивание известкового молока с сырой водой.

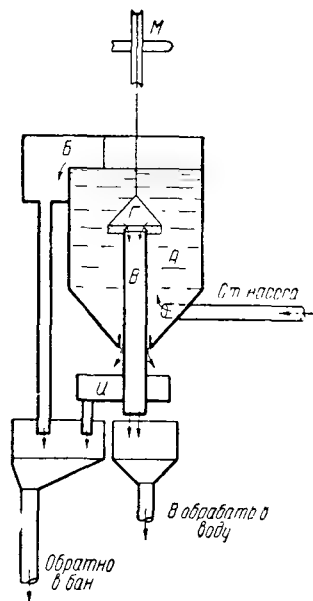
В вертикальных отстойниках, почти исключительно проектируемых при известково-содовом методе умягчения, центральная труба может выполнять роль смесителя и отчасти камеры реакции.

К небольшим устройствам для дозирования известкового молока предъявляются следующие требования:

- 1) простота устройства и надежность действия;
- 2) автоматическое увеличение или уменьшение дозы реагента в зависимости от увеличения или уменьшения количества обрабатываемой воды;
- 3) достаточная точность дозирования;
- 4) простота зарядки бака для реагента.

Постоянство и однородность концентрации известкового молока достигаются при применении баков с лопастными мешалками или со специальным насосом для перемешивания.

На фиг. 435 показана схема дозатора, разработанного монтажно-техническим трестом Главэнергопрома для дозирования известкового молока. Через водяную камеру дозатора (на схеме не показана) из распределителя проходит струя воды; в зависимости от количества последней поплавки E в этой камере занимает соответствующее положение. Поплавки E связан посредством вала и блоков M с трубой B и шайбой Γ дозирующего бачка A , куда непрерывно насосом подкачивается известковое молоко. Бачок снабжен переливом B , через который избыток молока стекает обратно в основной бак (или мешалку) известкового молока, а



Фиг. 435

в баке *А* поддерживается постоянный уровень. Истечение дозируемой порции молока происходит через шайбу *Г* с отверстием в ней и трубу *В*, погруженные в молоко.

Труба *В*, подвешенная на тросе, укрепленном на блоке *М*, проходит без сальника в отверстии, сделанном в дне бачка *А*. Имеющийся в этом месте зазор устраняет трение, а некоторое количество известкового молока, вытекающее через зазор, улавливается чашей *И*, укрепленной на трубе *В*, и отводится в бак вместе с известковым молоком, переливающимся через перелив *Б*.

Молоко, прошедшее шайбу, отводится в смеситель вместе с водой, прошедшей водяную камеру. Автоматичность дозирования достигается следующим образом: в зависимости от изменения количества воды, идущей в дозатор, поднимается или опускается поплавок, вращаются вал и блок, изменяются положения трубы *В* и шайбы, дозирующей известковое молоко, и количество подаваемого молока.

При большем поступлении воды в водяную камеру шайба в камере известкового молока понижается, напор и расход через шайбу увеличиваются. Отверстие в шайбе *В*, погруженное в молоко, во время работы дозатора, недоступно наблюдению; известковое молоко, вытекающее в чашу *И* через зазор в дне бака, нагружает ее неопределенным весом, зависящим от величины зазора и степени чистоты его; все это несколько затрудняет отрегулирование дозатора и нарушает точность дозирования.

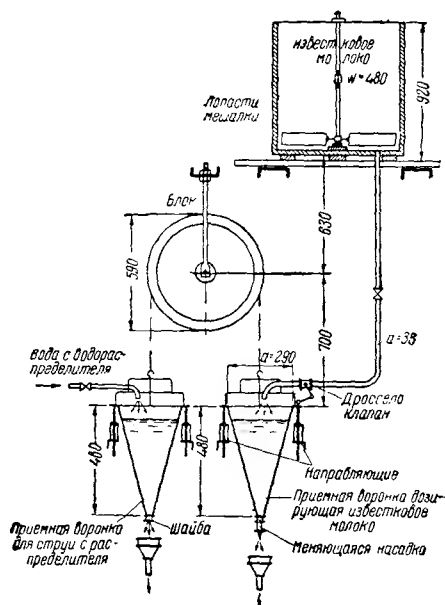
На фиг. 435а представлен дозатор производительностью до 4 м³/ч известкового молока с пропускной способностью водяной камеры 10 — 15 м³/ч.

На фиг. 436 дана схема дозатора Хованского (переменной дозы). Этот дозатор состоит из двух воронок, соединенных между собой тросом через колесо и снабженных в нижней своей части шайбами или насадками.

Известковое молоко из бака поступает через трубу и дроссель-клапан на вентильную воронку, снабженную направляющими, позволяющими ей перемещаться в вертикальном направлении. Из воронки известковое молоко через насадку изливается в смеситель. В другую воронку, имеющую в нижней части шайбу с отверстием определенного размера, поступает струя воды с распределителя. Насадки и шайбы подбираются соответственно расходу воды и крепости дозируемого известкового молока; между воронками устанавливается определенное равновесие, а при принятой величине отверстия в насадке и высоте столба известкового молока в воронке-дозаторе из последней поступает в смеситель определенное количество известкового молока.

Увеличение или уменьшение расхода воды, поступающей на распределительное устройство, приводит к увеличению или уменьшению уровня воды в воронке-противовесе, принимающей струю воды от распределительного устройства, а следовательно к опусканию или подъему этой воронки. При опускании последней дозирующая воронка поднимается и при помощи особого рычага увеличивает открытие дроссельного клапана, при этом известковое молоко поступает в большем количестве; увеличивается уровень, а следовательно и расход известкового молока через насадку.

При подъеме воронки-противовеса дозирующая воронка опускается, дроссельный клапан несколько прикрывается, при этом уровень известкового молока, напор и расход уменьшаются. В обоих случаях между воронками восстанавливается равновесие.



Фиг. 436

недостаточно точной.

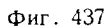
Водомерный ковш — небольшой железный бачок А, емкостью 5 — 8 л, имеет в разрезе форму треугольника; вершиной своей ковш обращен книзу; через вершину проходит вал, соединяющийся с двухходовым краном б стакана в дозатора. Ковш наполняется водой, идущей с распределителя, по наполнении опрокидывается и благодаря противовесу вновь возвращается в первоначальное положение. Вылившаяся из ковша вода отводится в смеситель водоумягчителя. Благодаря качаниям ковша и вала, укрепленного в его вершине, вращается двухходовой кран б дозатора, помещающийся в патрубке д в нижней части стакана в.

При наполнении водой водомерного ковша в течение примерно 10 — 12 сек. известковое молоко выходит из стакана в смеситель.

При опрокидывании ковша известковое молоко из бака в течение 3 — 4 сек. заполняет стакан, вытесняя воздух через вантузы *е*, имеющиеся в диске «поршня» *жс*. Число качаний,

Дозатор Главэнергопрома получил распространение; дозаторы Хованского и Казакова лишь испытаны в лабораторных условиях и по усовершенствованию и устранении отдельных недостатков могут быть внедрены.

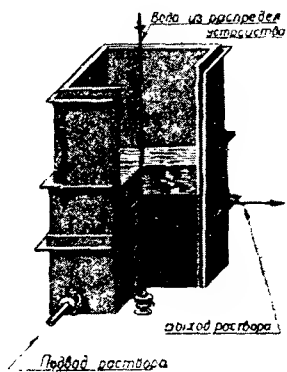
К числу дозаторов следует еще отнести установку с плунжерным насосом.



§ 10. Устройства для дозирования соды и коагулянта

1. Содовый вытеснитель — устройство, работающее по принципу вытеснения объема, — автоматически дозирует раствор соды, подаваемый в смеситель. Он состоит из двух цилиндрических или прямоугольных баков: наружного расходного и внутреннего (плавающего) вытеснителя (фиг. 438).

Наружный бак во время зарядки наполняется раствором реагента (из специального бака) и в это время внутренний бак (поплавок) всплывает в верхнее свое положение, соответствующее появлению реагента в верхнем отверстии и трубе, отводящей реагент в смеситель.



Фиг. 438

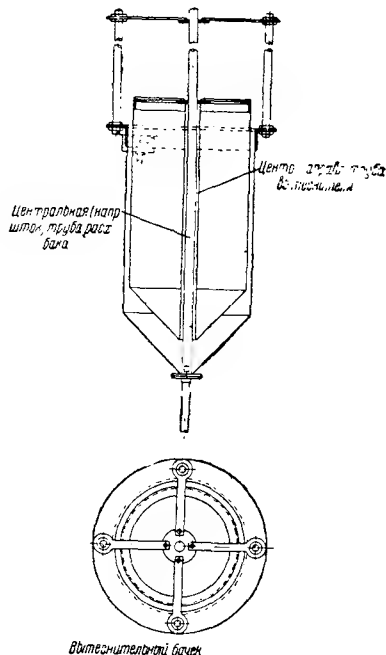
Во внутренний бак вода подается с распределителя (струя на соду). Раствор соды, помещающийся между наружным и внутренним баками, вытесняется при этом в смеситель в количестве, равном количеству воды, попадающей во внутренний бак (разница в удельных весах воды и раствора незначительна).

Во избежание перекосов, трения и пр. для направления внутреннего бака при его движении устроены особые направляющие. Вытеснитель, представленный на фиг. 439, имеет иное направляющее устройство. Круглые баки в смысле меньшей возможности перекосов и пр. предпочтительней перед прямоугольными.

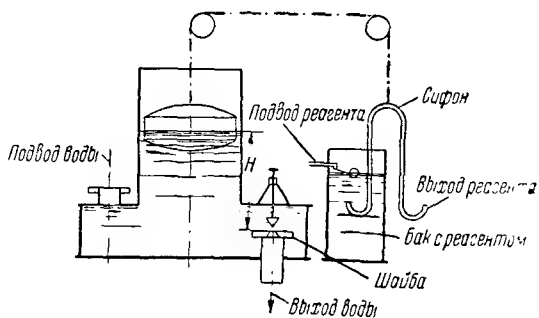
Работа вытеснителя продолжается до тех пор, пока внутренний бак не опустится до дна наружного расходного бака. После этого вытеснитель заряжают и одновременно отсасывают сифоном воду из внутреннего бака. Каждая установка должна включать в себя два попеременно работающих вытеснителя; при зарядке одного в работу включают другой. Так же действует и вытеснитель раствора коагулянта.

Вытеснитель выполняется стальным (сталь марки Ст. 0), а при дозировании коагулянта внутренняя поверхность наружного и наружная поверхность внутреннего баков должны быть покрыты свинцом. Расчет размеров вытеснителя производится в соответствии с расходом воды, идущей из распределителя на соду (коагулянт), и в соответствии с крепостью раствора.

2. Сифонный дозатор растворов соды и коагулянта (растворов легко растворимых) служит для автоматического дозирования в соответствии с увеличением или уменьшением количества обрабатываемой воды.



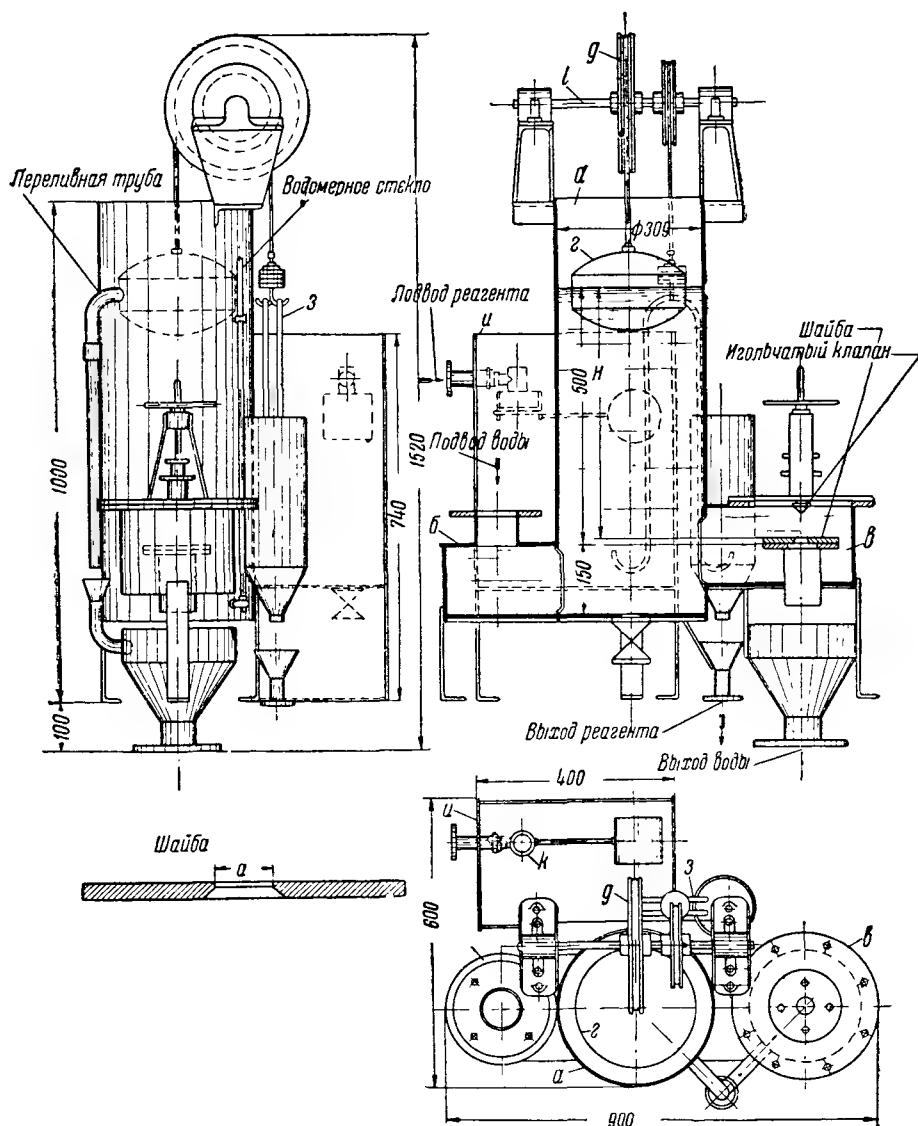
Фиг. 439



Фиг. 440

Автоматичность дозирования здесь основана на изменении напора, под которым подается реагент, при изменении количества подаваемой воды.

На фиг. 440 показана схема сифонного дозатора, а на фиг. 441 — подробное его устройство для станций производительностью 300 — 400 м³/ч. Дозатор состоит из цилиндрической камеры *a* с небольшой приваренной к ней камерой *б* для приема воды, идущей с распределителя, и небольшой камерой *в* с установленной



Фиг. 441

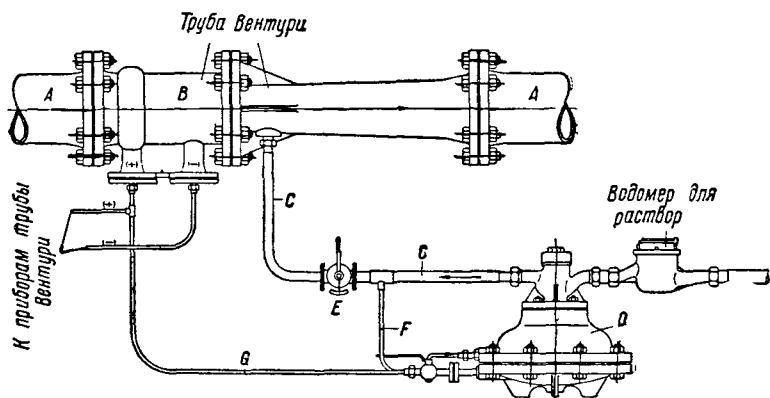
в ней шайбой, служащей для пропуска через нее воды, поступающей из распределителя и выходящей далее из дозатора.

При включении дозатора в работу и поступлении воды в водяную камеру уровень воды в ней устанавливается в зависимости от пропускной способности шайбы. В водяной камере *a* помещается поплавок *г*, занимающий определенное положение в зависимости от уровня воды в ней; при движении поплавка соединенный с ним блок *г* поворачивается и поворачивает вал *е*, несущий на себе кроме поплавкового блока еще и сифонный блок с грузом и подвеской для сифонных труб *з* (сифонный блок может свободно вращаться на валу при ослаблении стопорного

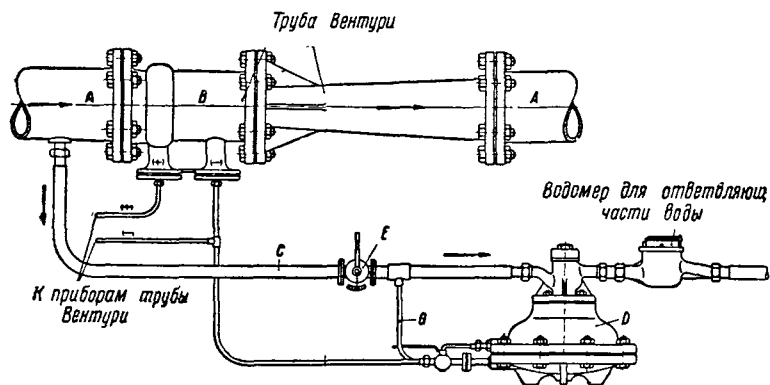
винта). Сифонные трубки переводят дозируемое количество раствора из реagentной камеры и с постоянным уровнем reagentа в ней, поддерживаемым шаровым клапаном к, в воронку и далее в смеситель.

В момент включения дозатора вода в водяной камере должна быть на уровне шайбы, а конец сифонной трубки в reagentной камере — на уровне раствора в этой камере (устанавливается путем ослабления сифонного блока на валу, поворачиванием этого блока).

В зависимости от положения уровня воды в водяной камере сифонные трубки опускаются в reagentной камере; отверстия их находятся ниже уровня в этой камере, и сифон подает то или иное количество reagentа. На водяной камере имеются водомерное стекло со шкалой и переливная труба. При необходимости включить



Фиг. 442



Фиг. 443

А—трубопровод; В—труба Вентури; С—трубка; D—регулирующий прибор; Е—кран; F—трубка; G—трубка

установку сразу на большую пропускную способность отверстие шайбы в момент пуска несколько прикрывается игльчатым клапаном, а после достижения соответствующего уровня в водяной камере шайба открывается полностью.

Дозатор в основном выполняется из стали, а в случае дозировки сернокислого алюминия части, соприкасающиеся с reagentом, должны выполняться из кислотоустойчивых материалов.

Автоматичность дозирования подтверждается следующим. Пусть расстояние от уровня воды в водяной камере до плоскости шайбы есть H , а расстояние от уровня в reagentной камере до выливного отверстия сифона — H_1 , причем $\frac{H}{H_1} = \frac{D}{D_1}$, ибо при повороте вала, на котором сидят оба блока диаметром D

и D_1 на n оборотов, путь пройденный поплавком, равен $n\pi D$, а концом сифонной трубки — $n\pi D_1$, следовательно, $\frac{H}{H_1} = \frac{D}{D_1}$.

Расход воды

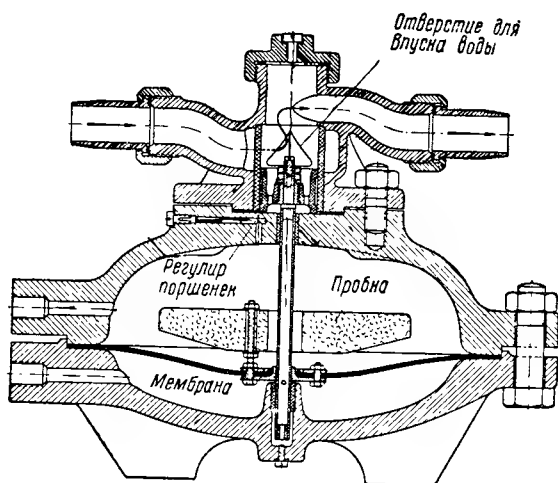
$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH};$$

расход реагента

$$q = \mu \omega_1 \sqrt{2gH_1},$$

или

$$\frac{Q}{q} = \frac{\omega}{\omega_1} \sqrt{\frac{H}{H_1}} = \frac{\omega}{\omega_1} \sqrt{\frac{D}{D_1}},$$



Фиг. 444

возможности пропуска дозируемых растворов через дозатор (например известкового молока), по этой схеме ответвляется определенная часть воды, поступающей далее в соответствующее устройство.

Разность давлений в широкой и суженной части трубы Вентури, изменяющаяся при изменении количества воды, проходящей по основному трубопроводу, используется здесь для подъема или опускания мембраны и связанного с ней регулирующего поршня (фиг. 444), закрывающего или открывающего в той или иной степени проходное сечение для раствора (по одной схеме) или для ответвляющегося количества воды (по другой схеме). Распределительный кран E служит для регулирования дозатора в определенных пределах его работы.

т. е. с увеличением количества подаваемой воды пропорционально увеличивается и количество подаваемого реагента.

При необходимости изменить дозировку производится смена сифонных трубок или изменение крепости раствора; в равной мере может быть изменена величина струи, идущая с распределителя в дозатор.

К числу подобных устройств относится дозатор германской фирмы Сименс и Гальске для раствора извести, соды и коагулянта, автоматически дозирующий раствор в зависимости от количества воды, проходящей по основному трубопроводу. В последний включена труба Вентури, а с нею связан дозатор.

На схеме фиг. 442 показана работа прибора как дозатора, а на схеме фиг. 443 — как распределителя воды.

Последняя схема применяется при не-

§ 11. Некоторые особенности установки фильтров

Конструкции фильтров на станциях умягчения известково-содовым методом имеют большое значение, так как по современным воззрениям фильтры служат не только для задержки мельчайших частиц взвеси, но также способствуют окончанию реакции вследствие имеющегося здесь контактного действия, обусловленного фильтрующей средой.

Фильтры из древесной шерсти работают менее удовлетворительно, а горячая вода выщелачивает переходящие в нее органические вещества. В этом смысле древесную шерсть иногда рекомендуют предварительно в течение нескольких часов обработать (выварить) 3 — 5%-ным раствором едкого натра или соды. Применение таких фильтров при умягчении воды с подогревом не рекомендуется.

В последнее время на станциях умягчения воды чаще проектируют кварцевые открытые или напорные фильтры.

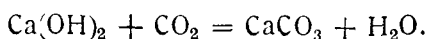
На фиг. 445 представлена схема технологического процесса станции умягчения по известково-содовому методу с коагуляцией. Данная схема усложнена вследствие необходимости предварительного коагулирования воды. Последнее предусмотрено с использованием напорных шайбовых дозаторов, причем процессы коагулирования происходят в напорном кварцевом фильтре (слева). Такой же напорный кварцевый фильтр (справа) предусмотрен для осветления умягченной воды.

Фиг. 445

Способ этот пригоден в случае обработки воды для питьевых и производственных нужд.

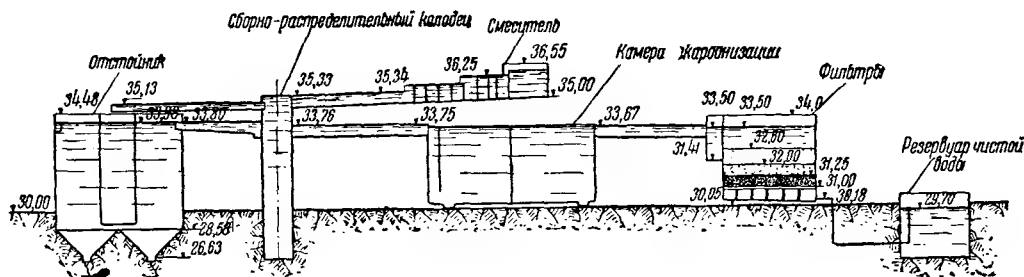
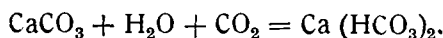
При неполном умягчении воды известково-содовым способом, даже при ее фильтрации через кварцевые фильтры, в котлах, трубах, водомерах, в системах горячего водоснабжения появляются осадки и инкрустации вследствие явлений доумягчения.

К числу дополнительных процессов обработки воды известково-содовым способом помимо нагревания воды до температуры 75 — 85° и применения коагуляции относится обработка воды избытком извести, в результате чего карбонатная жесткость может быть уменьшена до пределов растворимости CaCO_3 (примерно до 17 мг/л или 0,95°) и $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

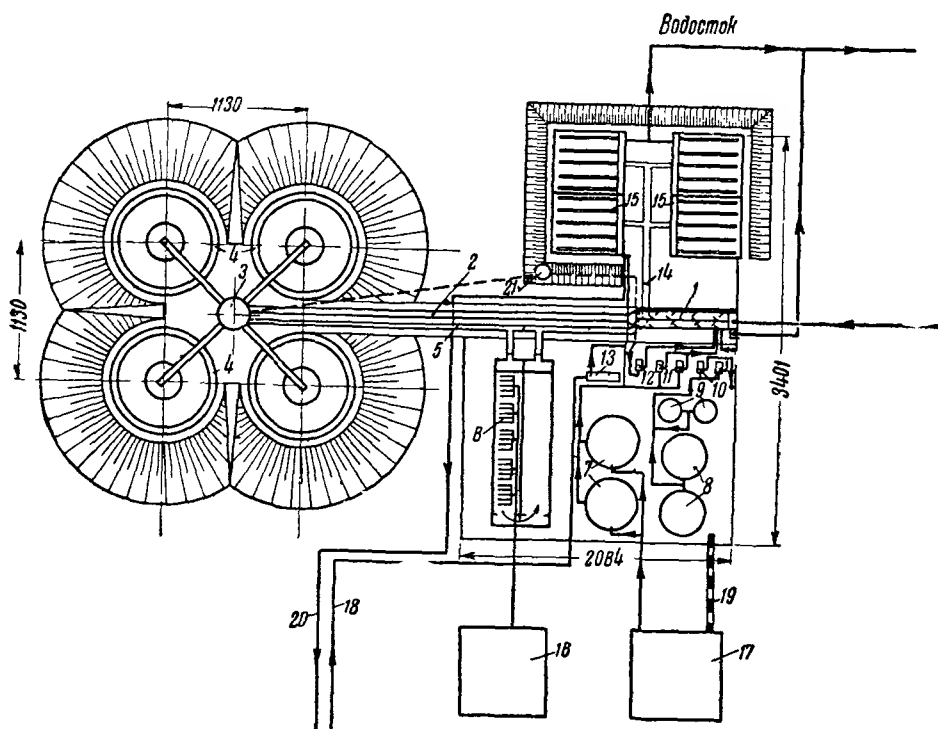


Далее идут осаждение и фильтрация CaCO_3 , образующегося после продувания воды углекислотой.

В иных случаях перед фильтрацией имеют место вторичная карбонизация с прибавлением к воде осадка или другого инертного, тонко измельченного вещества и далее отстаивание и фильтрация для получения воды, не содержащей остатков извести, не содержащей остатков CaCO_3 и не содержащей избытка CO_2 :



Фиг. 446



Фиг. 446а

7—смеситель; 2—лоток; 3—распределительный колодец; 4—отстойники; 5—лоток к камере карбонизации; 6—камера карбонизации; 7—баки для приготовления извести; 8—баки для приготовления соды; 9—баки для коагулянта; 10, 11 и 12—насосы для реагентов и осадка; 13—насос для промывки фильтра; 14—лоток; 15—фильтры; 16—завод углекислоты; 17—склад; 18, 20—трубопроводы; 19—рельсовый путь; 21—колодец

Процесс приводит к стабилизации воды в отличие от неустойчивой воды (выделяющей соли) после обычного известково-содового метода обработки. Как это следует из приведенных реакций, углекислота может быть введена в дозах, достаточных только для нейтрализации избытка извести и образования выпадающего в осадок CaCO_3 , или в больших дозах для превращения оставшихся нормальных карбонатов в бикарбонаты, т. е. для получения воды, не содержащей остатков

CaCO_3 . По имеющимся данным¹, вторичный осадок CaCO_3 после введения углекислоты, задерживаясь на фильтрах, легко вымывается, не причиняя здесь затруднений подобно нормальным карбонатам.

Углекислота в процессе карбонизации вводится лишь в необходимых дозах, так, обработанная вода не должна содержать растворенной или свободной углекислоты и обладать способностью разъедания. В этом смысле к воде, поступающей на фильтры (в последней стадии обработки), предъявляется требование — отсутствие свободной CO_2 .

Благодаря введению избыточной извести и всему процессу в целом почти полностью удаляются соли магния и железа, удается частично удалить и гуминовые соединения, уменьшается остаточная жесткость, а также уменьшается возможность дальнейшего доумягчения.

В результате продувки воды углекислым газом она приобретает обычный естественный вкус воды той же жесткости в отличие от умягченной известью, отличающейся по вкусу от питьевой. Число бактерий в воде, обработанной с избытком извести, также уменьшается; здесь используются дезинфицирующие свойства извести, что позволяет в дальнейшем уменьшить расход хлора (при обработке воды для питьевых целей).

Схема движения воды по сооружениям и схема умягчительной станции для обработки воды для хозяйственно-питьевых целей производительностью 10 000 — 15 000 м³ в сутки показаны на фиг. 446 и 446а.

Вода подается в жолоб-смеситель; сюда же подаются известковое молоко и растворы соды и сернокислого алюминия. Из смесителя вода с реагентами поступает в камеру реакции, отстойники и далее в камеру карбонизации. Из последней вода поступает на фильтры, а после фильтрации хлорируется. В случаях, когда общая жесткость сырой воды снижается до небольших величин (во время половодья),

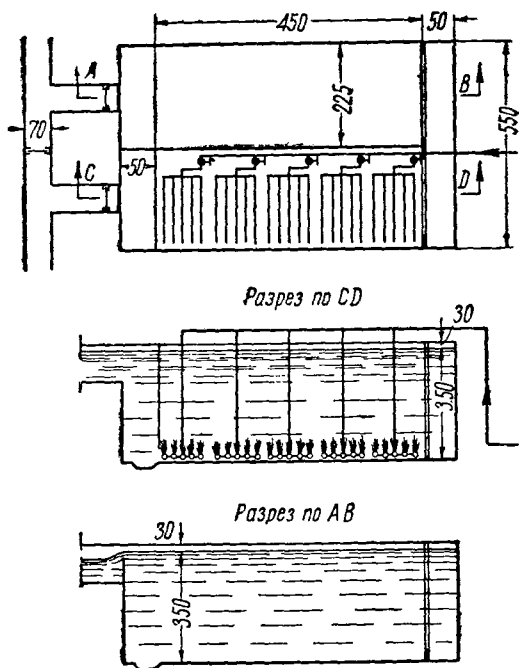
умягчение воды и карбонизация могут быть на определенный период прекращены.

Дозы коагулянта в это время увеличиваются против обычных малых доз (5 — 10 мг/л), вводимых лишь для полноты выпадения осадков, образующихся при умягчении.

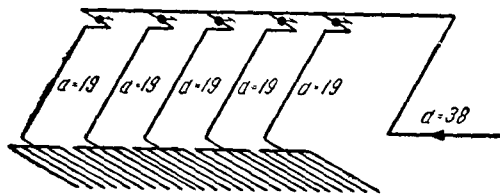
В целях быстрого образования частиц CaCO_3 , выпадающих в осадок, в отстойники (точнее в смеситель) вводится небольшое количество ранее выпавшего свежего осадка. Подача осадка осуществляется специальным насосом из колодца, куда этот осадок попадает из одного отстойника.

Камера карбонизации проектируется для пребывания в ней воды в течение 20 — 25 мин. (по некоторым американским данным это время может быть снижено).

Задавись высотой H (3 — 3,5 м), определяют площадь, а далее намечают



Фиг. 447



Фиг. 448

ситель) вводится небольшое количество ранее выпавшего свежего осадка. Подача осадка осуществляется специальным насосом из колодца, куда этот осадок попадает из одного отстойника.

¹ J of the A. W. W. A., ноябрь, 1928.

длину l и ширину b камеры. Последняя (фиг. 447) представляет собой железобетонный резервуар, состоящий из двух отделений, последовательно проходимых движущейся водой. В приведенной схеме газ поступает по латунному трубопроводу диаметром 38 мм в одно отделение. Здесь трубопровод разветвляется (фиг. 448) на ряд труб, расположенных у дна. Число ответвлений 25; диаметр ответвлений 19 мм. Длина ответвления при ширине одного отделения камеры около 2,5 м принята равной 1,75 м. Число отверстий на каждом ответвлении 15; расстояние между отверстиями 0,12 м; диаметр отверстия 2 мм. Второе отделение камеры, рассчитанное на 10—12-минутное пребывание здесь воды, служит для завершения реакции. Здесь может выпасть и некоторое количество осадка, поэтому дно запроектировано с уклоном, а осадок может отводиться по специальному трубопроводу.

Вертикальная перегородка, не доходящая до низа, заставляет воду, поступающую в камеру, проходить в нижней ее части и насыщаться здесь углекислотой; выпуск воды — в верхней части камеры.

Камера может быть выключена при помощи шиберов, тогда вода идет непосредственно на фильтры. Показанная на схеме камера запроектирована в здании. В схемах, предусматривающих двойное насыщение углекислотой, камера карбонизации делится на две одинаковые, но самостоятельные камеры.

В первую камеру вода направляется после первого отстойника, а после вторичного отстаивания поступает во вторую камеру и далее идет на фильтры. Осадок добавляется из вторичного отстойника. В ряде случаев вместо латунных трубопроводов с отверстиями в них применяются укладываемые на дно специальные дырчатые плиты-фильтросы.

Количество углекислого газа, потребное для превращения избытка извести, принимаемого равным примерно 25 мг/л, в CaCO_3 и далее окончательно в растворимый бикарбонат, равно 39,2 мг/л.

Действительно, для перевода одной молекулы CaO в $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ необходимы две молекулы CO_2 ; молекулярный вес CaO — 56, молекулярный вес CO_2 — 44.

Таким образом, имеем соотношения:

$$\begin{aligned}\text{CaO} &— 2 \text{CO}_2, \\ 56 &— 2 \cdot 44, \\ 25 &— x,\end{aligned}$$

отсюда

$$x = \frac{25 \cdot 2 \cdot 44}{56} = 39,2 \text{ мг/л.}$$

В зависимости от производительности станции определяются часовая и суточный расходы углекислоты. Для приведенной станции при производительности ее около 10 000 м³ в сутки расход углекислоты составит около 400 кг в сутки.

Углекислота, применяемая на станции умягчения воды, представляет бесцветный газ, хорошо растворимый в воде; при 0° и давлении 38,5 ат CO_2 превращается в жидкое состояние, а при температуре выше 31° может существовать только в газообразном состоянии. Испаряясь в воздухе, жидкая CO_2 сильно охлаждается и часть ее может застывать в рыхлую массу.

Углекислота, применяемая на станциях умягчения воды, должна быть свободной от примесей H_2S , SO_2 .

1 м³ CO_2 при нормальных условиях весит 1,97 кг; обычно углекислота получается с заводов в баллонах по 20 кг в каждом баллоне; это требует большого количества баллонов даже для относительно небольшой станции. Например, на описанной станции будет расходоваться 20 баллонов CO_2 в сутки, что при запасе на одну шестидневку с учетом баллонов для обмена с заводом составит 240 баллонов. Это обстоятельство, а вместе с тем и относительно высокая стоимость CO_2 (около 400 руб. за 1 т) и баллонов (около 50 руб. за баллон) побуждают крупные умягчительные станции иметь специальные цехи-заводы по выработке углекислоты, что, естественно, несколько усложняет эксплуатацию. Сырьем для получения газообразной CO_2 могут служить дымовые газы топок (топливо может сжигаться и спе-

циально для получения CO_2), газы генераторной установки, известково-обжигательных печей, газы, получаемые на ряде производств и заводов, и пр. Необходимое оборудование изготавливается Машхимтрестом. Стоимость 1 кг углекислоты в этом случае может снизиться в несколько раз.

По данным проф. Козырева, 1 кг газообразной CO_2 , полученный в одном случае, обошелся около 8 коп.

§ 13. Безотстойное умягчение

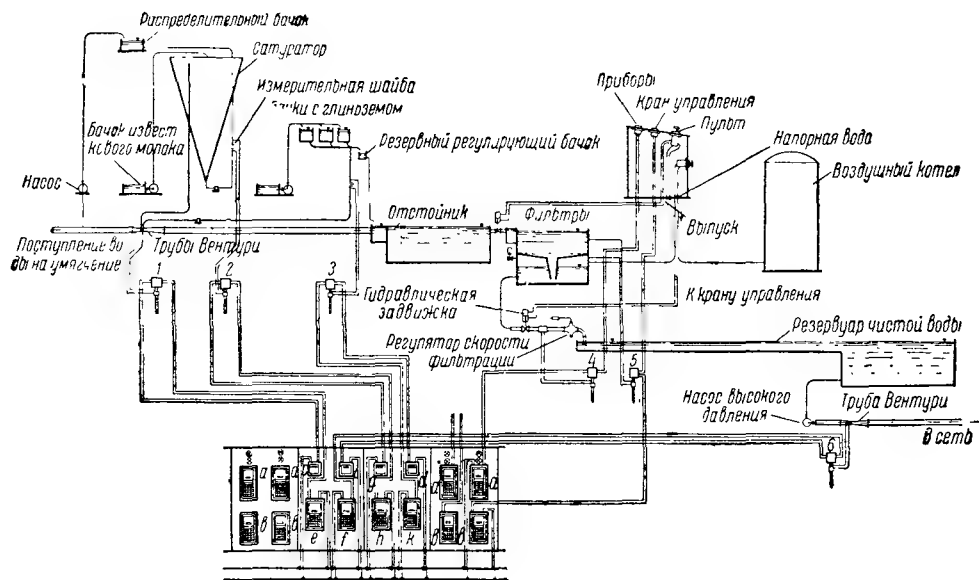
Выше уже указывалось о сокращении времени пребывания воды в отстойниках и о значении контактного действия фильтров при известково-содовом умягчении.

В институте Водгео инж. Казаковым проводилась работа по безотстойному умягчению воды известково-содовым методом. Сущность этого способа заключается в том, что вода после прибавления к ней реагентов — извести и соды — направляется не в отстойник, а непосредственно на кварцевый напорный фильтр, где и осуществляется процесс умягчения. Фильтр принят напорным мешалочным для улучшения его промывки.

В результате проведенных опытов с водой определенной жесткости удалось достигнуть умягчения воды в значительной мере за счет удаления временной жесткости. Метод безотстойного умягчения при его окончательном решении представит большой практический интерес.

§ 14. Элементы автоматизации и дистанционного управления на станциях умягчения

Элементы автоматизации, диспетчеризации и дистанционного управления на станциях умягчения воды на жел.-дор. транспорте еще не нашли применения. Однако внедрение на отдельных аналогичных станциях в промышленности кон-



Фиг. 449

1, 2, 3, 4, 5, 6 — передатчики; а, б, в, г, д, е, ф, г, з, и, к — регистрирующие и суммирующие приборы

трольно-измерительной аппаратуры, дистанционных указателей и т. д. позволило упростить обслуживание, сделало более надежной эксплуатацию установок, способствовало сокращению обслуживающего персонала и т. д. Наравне с улучшением конструкций основных элементов умягчительных станций на жел.-дор.

транспорте необходимо также стремиться к внедрению элементов автоматизации и дистанционного управления.

На схеме фиг. 449 предусмотрена автоматическая работа одной из умягчительных установок по обработке воды известью и сернокислым глиноземом с дальнейшей фильтрацией на скорых фильтрах. Станция представляет интерес лишь с точки зрения автоматизации. Количество воды, поступающей на обработку, контролируется трубой Вентури.

Небольшой насос перед трубой Вентури перекачивает воду во вспомогательный бачок с определенным уровнем, откуда она поступает в сатуратор.

Труба, отводящая насыщенный раствор извести, связана с трубой Вентури.

На трубе, подводящей воду к сатуратору, имеется регулятор (он связан с шайбой Вентури), регулирующий количество воды, идущей на сатуратор, в зависимости от количества воды, идущей по основному трубопроводу на отстойник. Здесь установлена диафрагма (шайба) с непосредственной передачей показаний при помощи электрического передатчика на регистрирующий и суммирующий аппараты, установленные на щите в комнате дежурного инженера. Такой же регулятор, диафрагма и приборы контролируют и автоматически изменяют дозы сернокислого глинозема, предварительно подаваемого насосом (в растворе определенной концентрации) в три вспомогательных бачка и далее идущего к трубе Вентури. Регулятор на трубе, ведущей раствор коагулянта, связан с трубой Вентури; в зависимости от изменения подачи регулятор закрывает или открывает в большей или меньшей мере сечение трубы, ведущей раствор, а диафрагма служит для передачи показаний регистрирующим и суммирующим приборам на щите.

Таким образом осуществляются автоматическое регулирование и контроль. Посредством электрических передатчиков к приборам на щит и к пульту управления передается величина потери напора на фильтрах.

Сюда же передаются показания скорости фильтрации и производительности фильтров, причем для последних показаний используются труба Вентури и регулятор за каждым фильтром. Предельная скорость фильтрации и наивысшая допустимая потеря напора в фильтре контролируются еще специальными сигнальными лампами. На пульте управления показывается также давление в промывном трубопроводе и установлены краны для открытия и закрытия трубопроводов сырой, чистой, промывной воды, первого фильтрата и грязной воды.

Здесь же предусмотрено устройство, не позволяющее воде на фильтрах спускаться ниже определенного уровня, автоматически закрывающее регуляторы при соответствующем падении уровня и самостоятельно открывающее регуляторы как только уровень воды на фильтрах достигнет нормального положения.

Пульт предусматривается на каждые два фильтра, на нем кроме указанного имеются сигнальные лампы для указания положения задвижек и пр.

ГЛАВА III

ПЕРМУТИТОВЫЙ (ЦЕОЛИТОВЫЙ) СПОСОБ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

§ 15. Общие сведения и схемы реакций

Способ этот основан на катионном обмене, на способности пермутитов (цеолитов) вступать в реакцию обменного разложения; при этом пермутит обменивает свой натрий на растворенные катионы кальция и магния, обуславливающие жесткость воды.

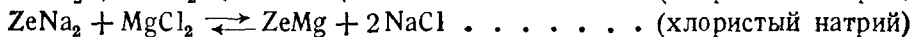
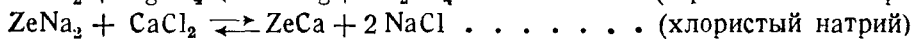
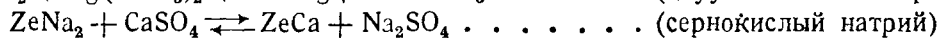
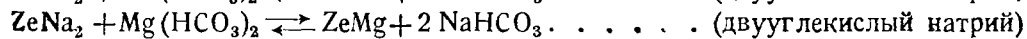
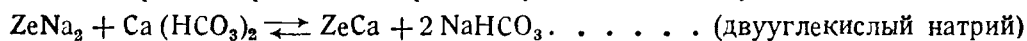
Пермутитом называют всякий материал, используемый для обменной реакции (т. е., называя некоторые материалы пермутитами, имеют в виду характеристику их свойств по обмену ионов), далее силикатные пермутиты называют цеолитами и делят их на искусственные и естественные (глаукониты).

Цеолиты — сложные алюмосиликаты; искусственный цеолит готовится из сернокислого глинозема и растворимого стекла или иным способом.

Умягчение воды происходит при фильтрации ее через слой пермутита, поэтому способ этот назван способом обменной фильтрации. Проходя пермутиты,

ионы кальция и магния вступают с ними в соединения и при этом заменяются в воде эквивалентным количеством катионов натрия.

Обозначая, например, кроме натрия сложный алюмосиликатовый комплекс цеолита через Ze, представляем реакции умягчения в следующем виде:



Реакции обратимы, т. е. могут протекать и в одном (умягчение) и в другом (регенерация) направлениях.

Как это видно из реакций, при умягчении воды цеолитами бикарбонаты, сульфаты, хлориды остаются в умягченной воде, с тем лишь различием, что ионы кальция и магния заменяются в них ионами натрия.

Натровые соли обладают высокой растворимостью, а потому при этом способе в отличие от других химических методов умягчения, образование осадков не происходит.

Умягчаемая вода, проходя через слой пермутита (цеолита), вначале умягчается до нуля, но по истечении определенного времени обменная способность пермутита ослабевает, и вода из фильтра, загруженного последним, выходит с некоторым содержанием солей жесткости. Восстановление обменной или умягчающей способности — регенерация — основано на обратимости процессов. Через пермутит (цеолит) пропускается в избытке крепкий раствор поваренной соли с большим содержанием катионов натрия.

Реакция имеет вид:



В результате регенерации цеолит получается в первоначальной форме натрового соединения, обладающего той же умягчающей способностью, а выделившиеся при регенерации соли жесткости переходят в раствор в виде хлоридов и с промывной водой без образования осадков спускаются в сток.

Процесс регенерации заканчивается освобождением цеолита от избытков поваренной соли и хлористых солей Ca и Mg. Период работы пермутитового (цеолитового) фильтра от регенерации до регенерации зависит от состава умягчаемой воды, количества пермутита (цеолита) и его обменной способности или емкости поглощения. Жесткость умягченной воды колеблется в пределах 0,05—0,1 нем. гр.

Обменная способность пермутитов зависит от состава и пористости их. Искусственные цеолиты имеют вследствие значительной пористости большую внутреннюю поверхность. Естественные цеолиты (глаукониты) непористы, и реакция обмена идет лишь с внешней поверхности, поэтому их обменная способность значительно меньше. Обменная способность в процентах есть вес солей жесткости, условно пересчитанных на CaO, поглощенных 100 весовыми частями цеолита (до полного его насыщения). Обменная способность равна:

$$\frac{\text{Вес CaO, удаленной из воды}}{\text{Вес цеолита}} \cdot 100\%$$

Обменная способность глауконитовых песков равна около 0,3% и в отдельных случаях — 0,35%, а искусственных цеолитов в среднем около 2% и несколько выше.

Емкость поглощения есть количество солей жесткости в тонно-градусах, поглощаемое 1 м³ пермутита (цеолита) при умягчении примерно до 0,1 нем. гр.

Емкость поглощения егорьевских глауконитовых песков—около 450 тонно-градусов на 1 м³, т. е. один кубометр этих песков (соответственно обработанных) за период от регенерации до регенерации умягчает, например, 10 м³ воды жесткостью 45° или 45 м³ жесткостью 10° и т. д.

Так как именно емкость поглощения определяет размеры фильтра, то она и принимается при расчетах последних.

§ 16. Материал для пермутитового (цеолитового) умягчения

Пермутит (цеолит), используемый для умягчения воды:

а) должен обладать достаточной механической прочностью, не измельчаться, не разрушаться растворенной в воде углекислотой;

б) не должен обогащать умягчаемую воду кремнекислотой или другими продуктами распада, не должен растворяться в воде;

в) должен обладать достаточно большой емкостью поглощения и умягчать воду практически до 0°;

г) время реакции обмена должно быть возможно малым или скорость фильтрации должна допускаться достаточно большой;

д) время регенерации, расход соли и расход воды на отмывку должны быть возможно меньшими.

Глауконитовые пески в известной мере удовлетворяют вышеизложенным требованиям. Они встречаются в природе в виде зерен крупностью 0,2 — 0,7 мм от голубовато-зеленого до темнозеленого цвета, зависящего от их химического состава, вообще непостоянного (встречаются и более мелкие зерна, — они отсеиваются и отмываются).

Из большого количества месторождений в СССР известны разрабатываемые Егорьевские, Вятские и Саратовские месторождения. Глаукониты сопутствуют здесь фосфоритам. Для умягчения употребляется обогащенный глауконит, освобожденный путем магнитной сепарации от кварца и других пород (глаукониты обладают свойством притягиваться магнитом) и для увеличения механической прочности обработанный термически. В результате такой обработки предупреждается и уменьшается возможность пептизации.

Наличие мелких зерен, меньших 0,2 мм, допускается не более 5%. Насыпной вес 1 м³ примерно от 1,4 до 1,5 т. Емкость поглощения не ниже 420 — 450 и до 500 тонно-градусов. Означенная емкость поглощения принимается при рН=7 и температуре умягчаемой воды в пределах до 40°. При более высоких температурах может быть переход в воду кремневой кислоты SiO₂ (при этом проявляется способность глауконита к пептизации).

Расчетная емкость поглощения глауконита должна приниматься в зависимости от характера предварительной очистки и присутствия бикарбонатов. Она обычно принимается не выше и даже несколько ниже 450 тонно-градусов. В некоторых исследованиях рекомендуется для лучшего использования обменной способности глауконита поддерживать в предварительно обработанной воде гидратную щелочность в 0,3 — 0,7 нем. гр.

Глауконитовые пески — почти единственный цеолит, достаточно широко применяемый в СССР.

Среди пермутитов следует отметить пермутит ВИМС (Всесоюзный институт минерального сырья), волконскоит и др.; последний — минерал естественного происхождения, обладающий высокой обменной способностью, не обогащающий воду кремнекислотой, не требующий длительного времени на регенерацию и т. д. Основные технические данные, относящиеся к глаукониту, пермутиту ВИМС и волконскоиту, приведены в табл. 5.

Емкость поглощения пермутита ВИМС резко снижается при увеличении скоростей фильтрации.

Искусственные пермутиты пористые, имеют большую обменную способность, но реакция здесь протекает медленней, и скорость фильтрации поэтому не может быть принята столь большой, как для глауконитов (до 15 м/ч и выше). Механическая их прочность меньшая, чем у глауконитовых зерен, они легче разрушаются при высоких температурах и т. д.

Таблица 5

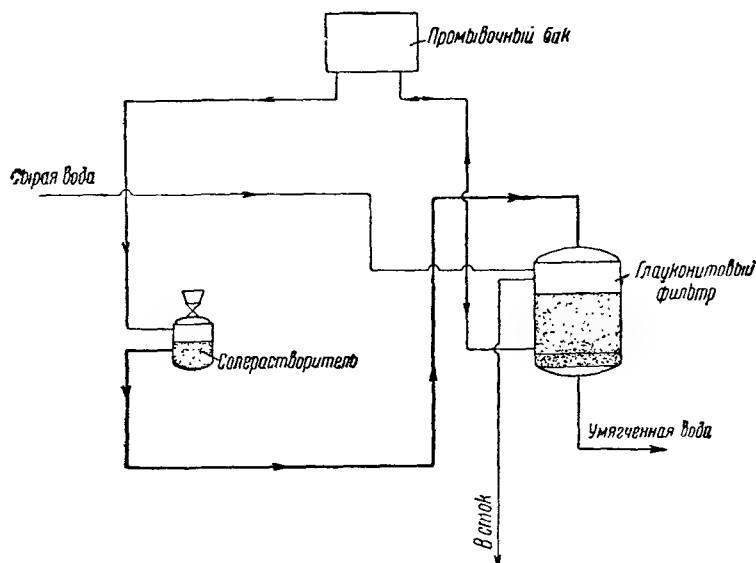
Пермутиты Основные технические данные	Глауконит	Пермутит ВИМС	Волкон- скоит
Насыпной вес в т/м^3	1,4—1,5	0,65	1,1
Крупность зерен в мм	0,2—0,7	0,3—1,0	0,5—1,5
Емкость поглощения 1 м^3 в $\text{т} \cdot \text{град.}$	450	1 140	1 100
Расход соли на регенерацию в $\text{град./т} \cdot \text{град.}$	70	100	—
Максимально допустимая температура в $^{\circ}\text{Ц}$	40—45	20	—

§ 17. Схемы умягчения воды цеолитами

В зависимости от наличия в воде той или иной жесткости, взвешенных веществ, органических примесей и т. д. применяется та или иная схема умягчения цеолитами.

Среди ряда схем умягчения цеолитами встречаются следующие:

1. Непосредственная фильтрация через глаукониты без предварительной и последующей обработки воды. Схема фиг. 450 наиболее простая; она применяется в отдельных случаях при отсутствии в воде механических примесей, взвешенных



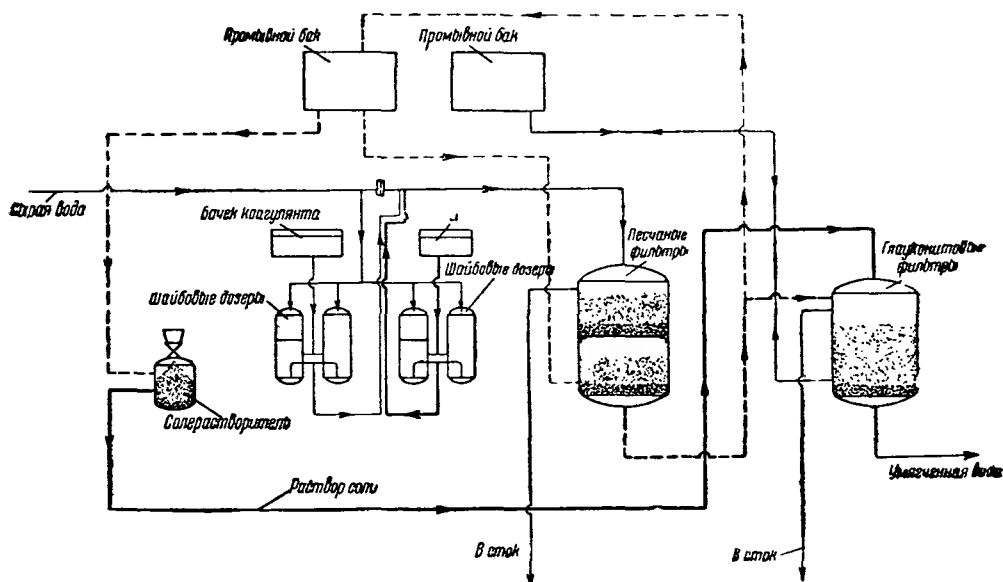
Фиг. 450

и коллоидальных веществ, при весьма незначительном содержании органических соединений и кремниевой кислоты, а главное при наличии в воде временной жесткости примерно не выше 5 нем. гр., и при условии применения продувок котла.

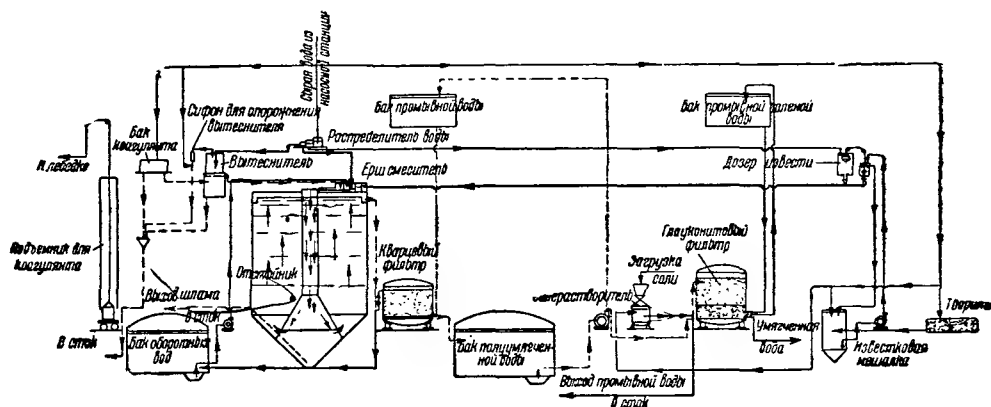
2. Коагуляция, фильтрация через кварцевый фильтр, фильтрация через цеолитовый фильтр. Схема фиг. 451 применяется при наличии в воде органических, взвешенных и коллоидальных веществ, при небольшой временной жесткости и при небольшом количестве SiO_2 или при повышенной временной жесткости и повышенном содержании SiO_2 , но при добавке небольшого количества умягчаемой воды к питательной воде, в результате чего питательная вода (смесь) сможет соответствовать предъявляемым к ней требованиям. Схемы отличаются наличием или отсутствием отстойника, открытых или напорных фильтров, специального смеси-

теля и пр. Следует иметь в виду, что присутствие в воде органических веществ ведет к уменьшению использования обменной способности глауконита.

3. Комбинированное умягчение, т. е. коагуляция, известкование, фильтрация через кварцевый фильтр, фильтрация через цеолитовый фильтр. Схемы фиг. 452 применяются в случаях загрязнения воды органическими веществами, при большой временной жесткости, значительном содержании SiO_2 и большом плотном остатке. Схемы могут отличаться наличием или отсутствием сатураторов, наличием открытого или напорного кварцевого фильтра и т. д.



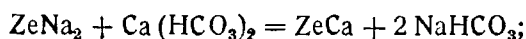
Фиг. 451



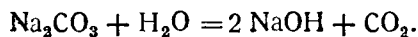
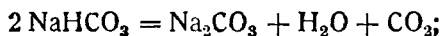
Фиг. 452

Предварительное осаждение известью солей временной жесткости имеет громадное значение, так как щелочность умягченной на глауконитах воды возрастает с увеличением карбонатной жесткости неумягченной воды, т. е. такая предварительная обработка воды известью устраняет повышенную щелочность воды, идущей для питания котла.

Действительно, обменная реакция при наличии карбонатной жесткости имеет вид:

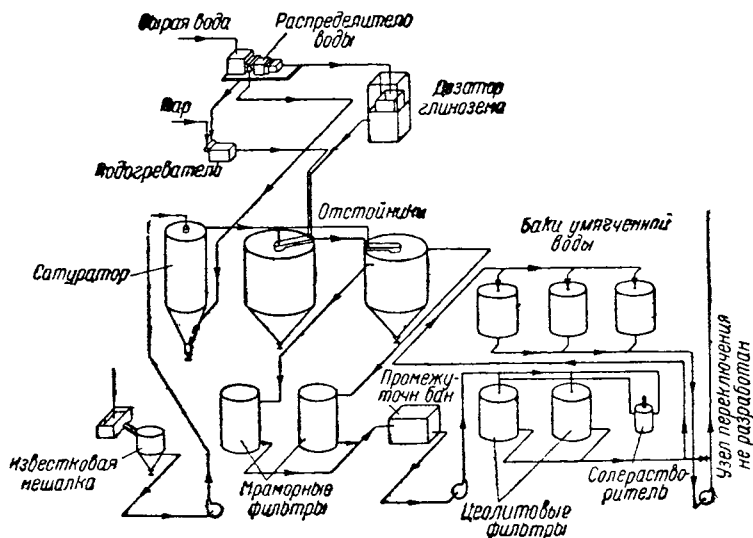


2NaHCO_3 распадается в котле с образованием NaOH — едкого натра и CO_2 — углекислого газа:



Образование углекислоты нежелательно в отношении коррозии; значительные количества щелочи требуют частых продувок, и следовательно, значительного расхода воды на эти продувки или других мер. В этом смысле значение предварительного осаждения известью карбонатной жесткости примерно до 3° следует особо подчеркнуть.

Фильтрация через гравий, кварцевый песок и особенно через мраморную крошку, являющуюся кристаллическим карбонатом кальция, является стимулом для осаждения CaCO_3 , по существу идущего на фильтры в пересыщенном растворе, и снижает остаточную жесткость воды, умягченной известкованием. Степень снижения остаточной жесткости зависит от температуры воды и скорости фильтра-



Фиг. 453

ции, причем мраморная крошка действует в этом смысле в $1\frac{1}{2}$ — 2 раза активнее, чем кварцевый песок. В отдельных случаях схема может несколько отличаться от приведенной.

На фиг. 453 представлена схема станции умягчения производительностью $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одной из ГРЭС. Здесь комбинированный известково-цеолитовый метод отличается установкой двух последовательно работающих отстойников, из которых первый является резервуаром для реакции — удаление временной жесткости и солей магния, коагуляция органических веществ, находящихся в коллоидальном состоянии, и второй — резервуаром для окончания указанных процессов и осаждения; вместо обычных кварцевых фильтров здесь установлены фильтры с мраморной крошкой. При фильтрации воды через мраморную крошку на фильтре не только задерживаются остатки CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и коллоидальной гидроокиси алюминия, но происходит снижение общей щелочности и жесткости воды примерно на 1° .

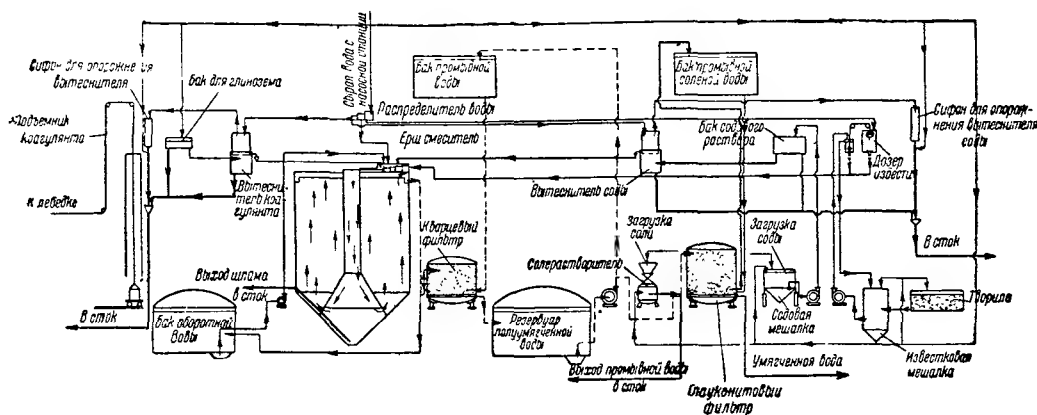
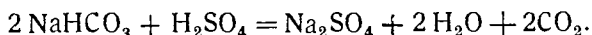
Повидимому, такое доумягчение воды может быть результатом довыпадения здесь из воды карбоната кальция, находившегося в пересыщенном растворе (растворимость CaCO_3 весьма мала) при контакте между этим раствором (умягчаемая вода) и частицами мрамора, представляющими собой тот же карбонат кальция и играющими роль дополнительных центров кристаллизации.

Уменьшение на 1° жесткости воды, идущей далее на цеолитовый фильтр, ведет к некоторому увеличению межрегенерационного периода.

Известкование целесообразно применять также при наличии в воде значительного количества агрессивной углекислоты.

4. Известкование, фильтрация через кварцевые фильтры, фильтрация через глауконитовые фильтры, т. е. по существу та же схема, но без коагуляции, применяется при наличии в воде незначительного количества органических веществ и взвеси при большой временной жесткости.

Указанные схемы не исчерпывают всех случаев обработки воды. При большой карбонатной и некарбонатной жесткости могут быть применены умягчение известково-содовым методом и доумягчение на глауконитовых фильтрах. На фиг. 454 представлена принципиальная схема такого комбинированного метода умягчения. В отдельных случаях в схемы могут быть включены последующая нейтрализация (прибавление серной кислоты), деаэрация и т. д. Имеется схема фильтрации воды через глаукониты с последующим подкислением серной кислотой, а также схемы коагуляции, фильтрации через кварцевый фильтр, фильтрации через глауконитовый фильтр и последующего подкисления воды. Последнее служит для перевода NaHCO_3 — двууглекислого натрия (распадающегося в котле с образованием едкого натра и потому нежелательного в воде) в Na_2SO_4 .



Фиг. 454

Количество солей в питательной воде при этом большее, чем при предварительном известковании; наличие Na_2SO_4 потребует продувок котла.

Схемы могут предусматривать повторное использование поваренной соли для регенерации или не предусматривать такового (применяется редко) и т. д.

На выбор схемы обработки воды помимо качества воды (с учетом паводкового периода, периодов с максимальной жесткостью и т. д.) и требований, предъявляемых к умягченной воде, влияют еще и такие факторы, как степень добавления умягченной воды к конденсату, продувка, т. е. выпуск части котловой воды по мере обогащения ее солями (или шламом), и ряд дополнительных факторов, освещаемых ниже.

Оценивая схемы обработки воды, следует указать, что умягчение по методу обменной фильтрации пригодно для вод с сильно колеблющейся жесткостью, для вод с малой карбонатной жесткостью и для вод с сульфатной жесткостью (до определенного предела).

Метод этот пригоден также и для вод с большой карбонатной жесткостью, но лишь при условии предварительной обработки воды известью перед глауконитовыми фильтрами (или с последующей обработкой умягченной воды). При отсутствии предварительной обработки для вод с очень высокой жесткостью расход воды на собственные нужды станции так возрастает, что в этом случае исключают применение глауконитов.

Максимальная температура воды, при которой могут применяться глауконитовые фильтры, не должна превышать 40°, так как, например, при температуре 60—70° вследствие пептизации (распада) глауконита умягчаемая вода обогащается кремневой кислотой SiO_2 .

Максимальное содержание свободной CO_2 в воде не должно превышать 50 мг/л, так как это в свою очередь приводит к разрушению зерен глауконита.

Большое количество естественных вод, используемых на жел.-дор. транспорте, имеет карбонатную жесткость выше 5 — 8°, поэтому применение метода обменной фильтрации на жел.-дор. транспорте должно иметь достаточно широкое распространение лишь с предварительным известкованием воды, так как подкисление здесь вряд ли может быть рекомендовано (оно приводит к увеличению общего количества растворенных веществ, требует исключительно квалифицированного персонала), ибо самый незначительный избыток кислоты будет разрушать котел.

Таким образом, умягчение методом обменной фильтрации на жел.-дор. транспорте сведется в большинстве случаев к схеме: известкование (с коагуляцией или без коагуляции), фильтрация на кварцевых фильтрах, глауконитовые фильтры. Такая комбинированная обработка воды предупредит перевод солей временной жесткости в NaHCO_3 , распадающийся в котле с образованием едкого натра, предупредит действие углекислоты и нежелательные явления, являющиеся результатом повышенной щелочности котловой воды, как то: разъедание медных и латунных частей в котле, перерождение металла (щелочную хрупкость), бросание воды и т. д.

К преимуществам известково-содового метода следует отнести:

а) применимость этого способа для вод любой жесткости и любого химического состава (и особенно для вод высокой жесткости);

б) удаление при этом способе карбонатной жесткости без образования вместо нее растворимых солей и удаление свободной углекислоты;

в) снижение солевой массы воды.

К недостаткам следует отнести:

а) необходимость более квалифицированного надзора во избежание недостатка или избытка реактивов в умягченной воде;

б) некоторые затруднения при обработке воды с резко колеблющейся жесткостью, связанные с необходимостью быстрого изменения соотношения количества извести и соды, вводимых в воду;

в) высокую остаточную жесткость;

г) трудность (в целом ряде случаев) удаления значительного количества шлама;

д) требуется дефицитная сода.

Комбинированный известково-цеолитовый способ имеет все же следующие недостатки:

а) возможное разрушение фильтрующего материала (глауконита) с переходом в умягчаемую воду кремнекислоты; обычно разрушение и вынос глауконитов не должны превышать 2 — 3% в год;

б) необходимость полного освобождения воды перед глауконитовым фильтром от взвеси, коллоидальных веществ и т. д., так как в противном случае зерна глауконитового песка обволакиваются и загрязняются, при этом теряется их обменная способность;

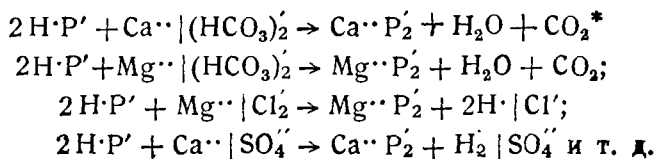
в) значительный расход поваренной соли;

г) большой расход воды на промывку.

§ 18. Н-пермутитовый метод умягчения воды

Как было указано, применение цеолитового метода в чистом виде на жел.-дор. транспорте весьма ограничено вследствие значительной щелочности, получаемой после умягчения воды, тем большей, чем больше карбонатная жесткость необработанной воды. Предварительная обработка воды известью или комбинированный известково-цеолитовый метод должен на жел.-дор. транспорте найти

широкое применение. Однако этот метод имеет ряд существенных недостатков, свойственных обработке воды известью (удаление значительного количества шлама представляет некоторые трудности, а отстойники, кварцевые фильтры, сатураторы и прочее необходимое при этом оборудовании увеличивают стоимость станции и себестоимость 1 м³ умягченной воды). Всесоюзный теплотехнический институт еще несколько лет назад указал на возможность Н-пермутитового метода умягчения, сущность которого отличается от использования обычных пермутитов. Последние обменивают катион натрия на катионы Са и Mg, в то время как Н-пермутит позволяет осуществить процесс обмена катионов водорода на катионы на-кишеобразователей Са и Mg. Реакции обмена имеют следующий вид:



Из рассмотрения реакций следует, что Н-пермутит при фильтрации через него воды понижает ее солевой состав, устраняя временную жесткость, а устраняя постоянную жесткость, выделяет в воду эквивалентные количества кислоты. Таким

образом, чем выше карбонатная жесткость, тем меньший минеральный состав ее после умягчения Н-пермутитом, и чем выше некарбонатная жесткость и содержание в обрабатываемой воде сульфатов и хлоридов, тем выше кислотность воды, умягченной Н-пермутитом. Кислотность воды может быть устранена подщелачиванием другой частью воды, умягчаемой параллельно обычным пермутитом.

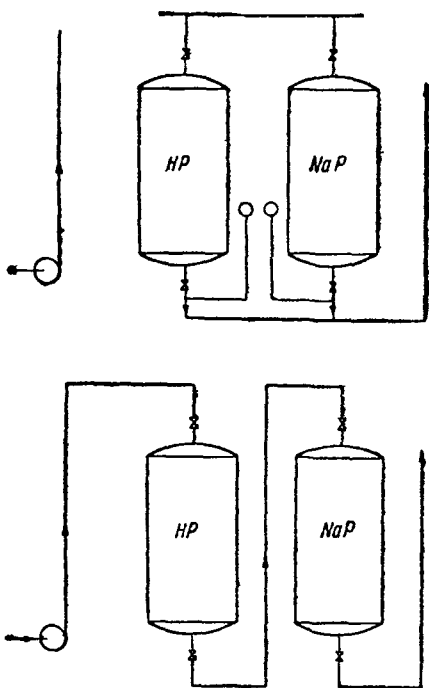
Перемешивание двух частей общего объема умягчаемой воды при определенном соотношении этих частей, зависящем от качества воды, приводит к нейтрализации воды, прошедшей через Н-пермутит. Выделяющаяся при этом СО₂ в результате реакций умягчения и нейтрализации может удаляться в деаэраторе.

Возможна и другая схема (см. фиг. 454а); вначале вся вода фильтруется через фильтры с Н-пермутитом, затем с обычным (натриевым) пермутитом. Щелочность воды при этом получается не ниже 1 — 1,2 нем. гр.

Первая схема обладает преимуществами, заключающимися в большем снижении солевого состава воды, в возможности получения умягченной воды

желаемой щелочности и в отсутствии необходимости фильтровать все количество воды на обеих группах фильтров.

Регенерация Н-пермутита достигается пропуском через него растворов кислоты (концентрация 0,5% и выше). Указанные схемы, имея две группы фильтров, потребуют регенерации поваренной солью (одна группа) и кислотой (другая группа). Одно из основных требований, которое предъявляется к Н-пермутиту, — не подвергаться интенсивному разрушению при регенерации, чему удовлетворяет



Фиг. 454а

* Анионы обозначаются значком', поставленным у соответствующей химической формулы вверху справа. Катионы обозначаются точкой, поставленной у соответствующей химической формулы вверху справа. Количество значков обозначает валентность.

волконскоит (частично испытанный в полупроизводственных условиях). Последний представляет собой минерал — сложный силикат, найденный в Союзе пока лишь в весьма ограниченных количествах; он может быть использован после некоторой обработки. Ведутся работы с целью установления методов изготовления искусственного синтетического Н-пермутита.

Развитие Н-пермутитового способа обработки воды, зависящее от нахождения самих Н-пермутитов, представляет значительный интерес и в частности может представить интерес для применения на жел.-дор. транспорте.

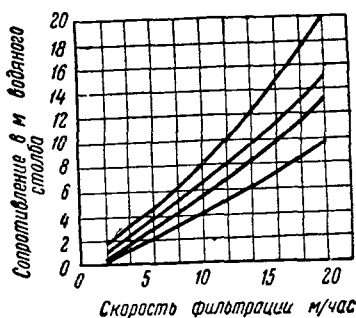
Цеолитовый метод в чистом виде (некомбинированный) приводит, как указано выше, к обогащению умягчаемой воды щелочами; при большой жесткости расход воды на собственные нужды чрезвычайно большой. В районах с дефицитной водой цеолитовый метод вследствие этого в чистом виде оказывается неприменимым.

На жел.-дор. транспорте применение цеолитового метода в чистом виде может быть весьма ограниченным. Для вод с весьма высокой жесткостью применяют частичное умягчение по известково-содовому методу с последующей обработкой на цеолитовых фильтрах.

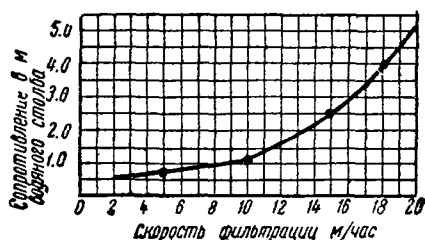
Качество воды для снабжения паровозов отражается на его сохранности и использовании, на величине межпромывочного пробега, на расходе топлива и т. д. Все это заставляет в каждом отдельном случае относиться к выбору схемы умягчения особо строго и внимательно.

§ 19. Глауконитовый (пермутитовый) фильтр

Фильтрация воды через глауконитовый песок происходит (за малым исключением) в напорных фильтрах, так как при величине зерен глауконитового песка, коэффициенте однородности, примерно равном 2, и принятых скоростях фильтрации, доходящих до 15 м/ч и более, потеря напора в фильтре может достигать значительных величин (до 15 м и более). На фиг. 455 показаны кривые сопротивления глауконитового фильтра при различных скоростях фильтрации и различных слоях глауконита и на фиг. 456 — сопротивление



Фиг. 455



Фиг. 456

только дренажа и гравия. Естественно, что при таких сопротивлениях и потерях напора открытый фильтр использован быть не может.

На жел.-дор. транспорте в СССР имеется установка безнапорного фильтра на ст. Ейск.

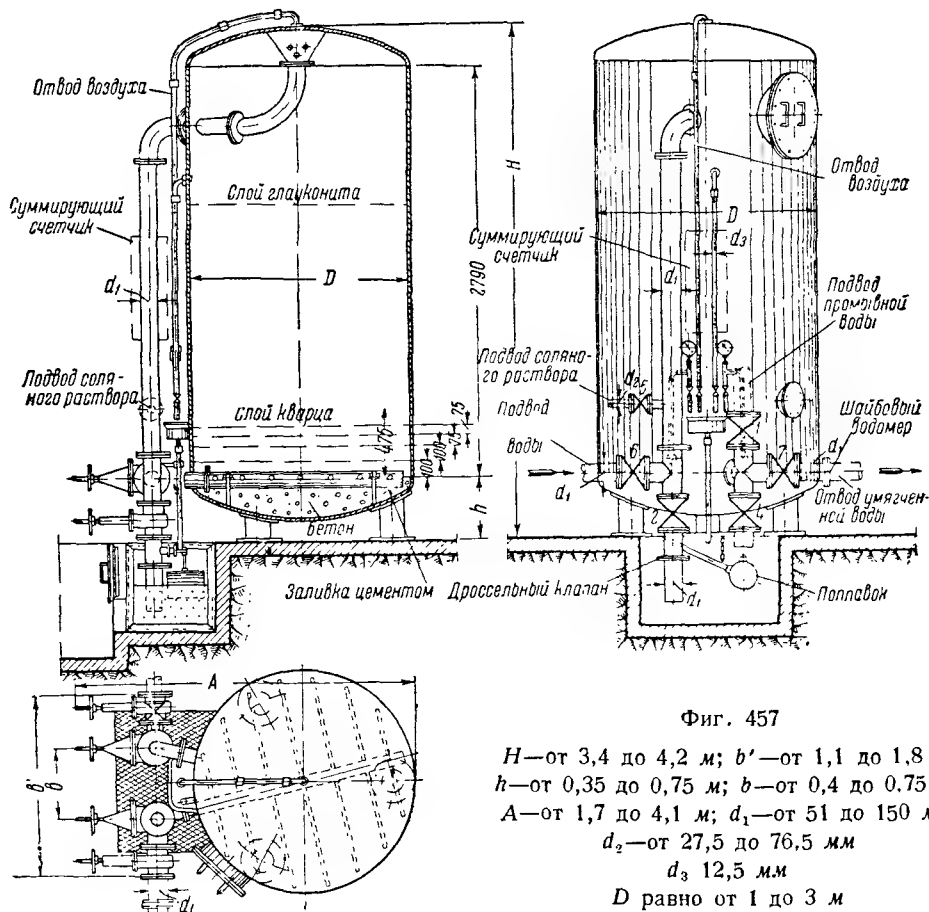
Изображенный на фиг. 457 напорный фильтр Главэнергопрома состоит из цилиндрического корпуса со сферическими днищами, рассчитанного на соответствующее давление (4 ат), дренажной системы с соответствующими поддерживающими слоями кварца и слоем глауконитового песка, системы трубопроводов, задвижек и ряда приборов.

Корпус фильтра имеет в верхней части лаз, предназначенный для загрузки материалов, и в нижней части — люк для первоначальной промывки поддерживающих слоев.

Дренажная система устанавливается в строго горизонтальном положении и состоит из коллектора с рядом ответвляющихся дренажных труб со штуцерами и колпачками на них из пластмассы, устойчивой против NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 и высокой температуры.

Число колпачков от 20 до 24 на 1 м^2 площади фильтра. Нижняя часть фильтра забетонирована с железнением поверхности; на поверхность бетона выходят лишь колпачки; сделано это с той целью, чтобы здесь не застаивался раствор соли.

Поддерживающие слои кварца имеют общую высоту 350 мм. Слой — непосредственно на дренаже крупностью зерен 10 — 5 мм, высотой 100 мм, слой, расположенный выше, крупностью зерен 5 — 2,5 мм, высотой 100 мм, над ним — крупностью зерен 2,5 — 1 мм, высотой 75 мм, над ним — крупностью зерен 1 — 0,8 мм, высотой 75 мм.



Высота слоя глауконита около 1,5 м (возможны некоторые колебания в ту и другую стороны). С уменьшением высоты слоя глауконита в отдельных случаях возможно увеличение расхода воды на собственные нужды, с чем следует считаться.

Фильтр оборудован основным трубопроводом, фасонными частями и системой задвижек, позволяющими осуществить подвод на фильтр воды, подлежащей умягчению, и раствора соли во время регенерации. Трубопровод заканчивается в фильтре распределительной головкой с отверстиями или воронкой, служащей для распределения струй воды при впуске в фильтр и предупреждения размывания верхних слоев песка; тот же трубопровод отводит промывную воду при взрыхлении песка.

Необходимые переключения выполняются следующими шестью задвижками:
задвижка 6 со стороны подвода умягчаемой воды;
задвижка 7 со стороны отвода умягченной воды;
задвижка 1 со стороны подвода промывной воды;
задвижка 5 со стороны подвода соленого раствора;
задвижка 2 со стороны отвода промывной воды;
задвижка 4 со стороны спуска воды в сбросной канал при отмывании солей жесткости.

В нижней части фильтра за задвижкой 2 установлен дроссельный клапан поплавкового типа 8, ограничивающий интенсивность промывки (взрыхления) в пределах $4 - 5 \frac{\text{л/м}^2}{\text{сек}}$. Такое ограничение необходимо во избежание выноса глауконитового песка при промывке с большей интенсивностью. Клапан должен быть отрегулирован перед включением фильтра в работу. Кроме того, фильтр снабжен трубками для отвода воздуха и контроля уровня воды (последняя присоединена к фильтру выше уровня песка на 100 мм), манометрами, указывающими давление до и после фильтрации, водомером, дифференциальным манометром для определения количества воды, фильтрующейся в данный момент, и пробными кранами 3 — 3, установленными на воздушной и контрольной трубках.

На фиг. 458 представлен фильтр с рабочим давлением 6 ат; фильтр имеет эллиптическое днище.

После загрузки поддерживающих слоев кварца последние промываются, проверяется их горизонтальное расположение, и фильтр загружается необходимым количеством глауконитового песка. После загрузки фильтра глауконитом последний промывается из верхнего бака для регенерационных вод струями чистой воды, направленными снизу вверх с интенсивностью примерно $4 \frac{\text{л/м}^2}{\text{сек}}$ (открываются задвижка 1 и лаз), при этом удаляются очень мелкий песок — меньше 0,2 мм, частицы глины и загрязнения.

В отдельных случаях при загрязненности глауконита после ряда предварительных промывок необходимо верхний слой в 10 — 15 мм удалить вручную. Помимо промывки глауконита перед включением фильтра в работу проводится регенерация песка раствором поваренной соли в количестве, несколько превышающем количество, намеченное для регенерации в эксплуатации.

Вначале после регенерации идет мутная вода (за счет разрушения выветрившихся зерен глауконита), далее — более светлая; фильтр, подготовленный указанным образом, включается в работу.

Работа фильтра. Вся работа глауконитового фильтра, или полный цикл, состоит из следующих элементов:

- а) умягчение воды;
- б) взрыхление глауконитового песка (промывка);
- в) спуск воды с песка;
- г) напуск раствора соли на фильтр;
- д) впуск раствора соли внутрь фильтра;
- е) отмывка фильтра с перепуском регенерационных вод в бак (для их дальнейшего использования);
- ж) окончательная отмывка фильтра со сбросом воды.

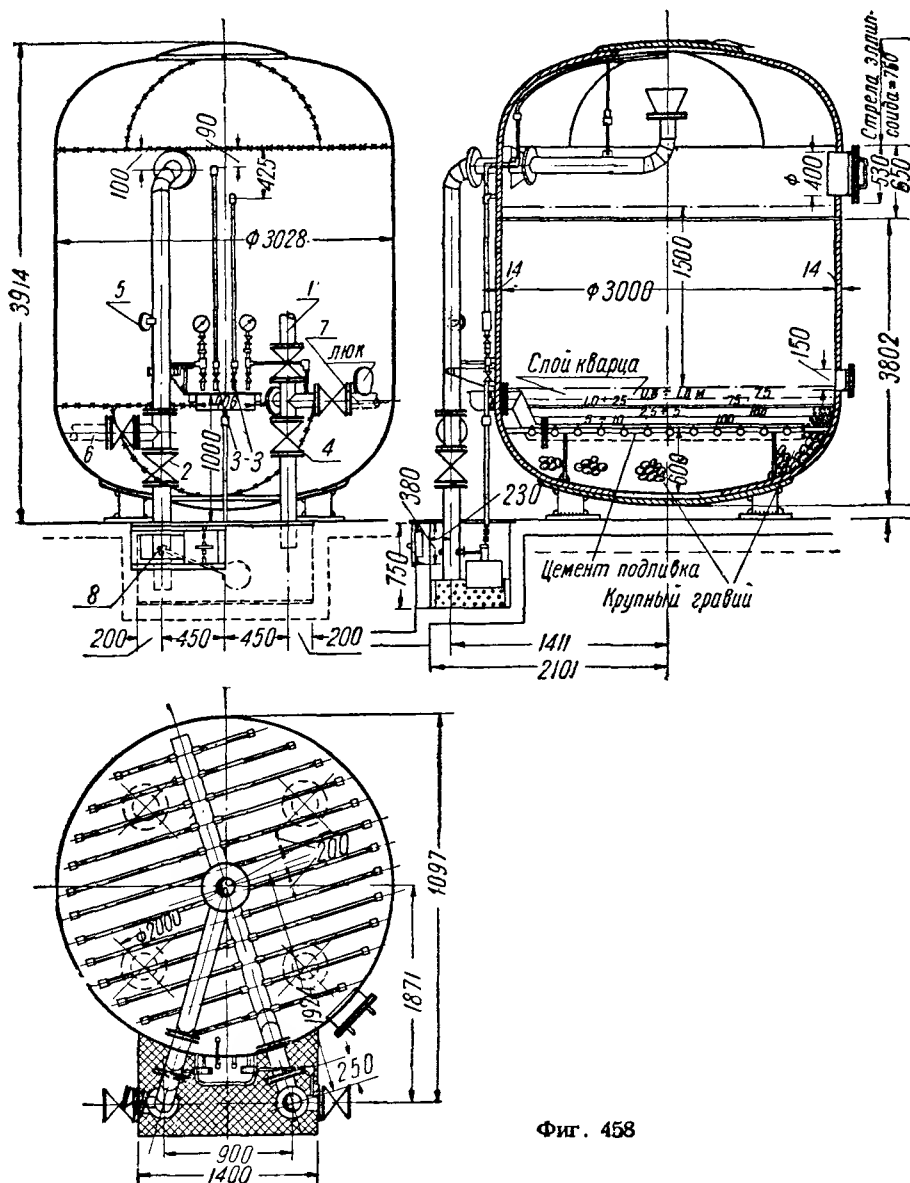
Перед пуском фильтра в работу на воздухоотводящей трубке открывается кран 3 вплоть до момента, когда из трубки в сливную воронку после открытия задвижки 6 пойдет вода, что укажет на полное заполнение фильтра водой и отсутствие в нем воздуха.

Далее работа фильтра представляется в следующем виде:

Умягчение воды. Соответствующие переключения показаны на фиг. 459. Задвижка 7 постепенно открывается, причем величина этого открытия регулируется по дифференциальному манометру, по которому можно судить о производительности фильтра в данный момент. Скорость фильтрации должна при-

ниматься в пределах до 15 м/ч (редко выше), при этом для напорного фильтра диаметром 3 м производительность не превышает 100 — 120 м³/ч.

В расчетах при определении производительности фильтров ориентировочно можно принимать скорость фильтрации для воды жесткостью до 10° — 15 м/ч, для воды жесткостью 10 — 20° — 10 м/ч или несколько выше и для воды жесткостью выше 20° — 5 м/ч или несколько выше.



В редких случаях для воды жесткостью до 5° скорость фильтрации принимают до 20 м/ч, при этом в фильтре имеют место значительные потери напора. Большая скорость фильтрации при малой толщине слоя глауконита может привести к уменьшению используемой обменной способности глауконита; с увеличением толщины слоя глауконита влияние скорости фильтрации на использование его обменной способности уменьшается. Во время работы фильтра производится отбор проб поступающей воды и (чаще) умягченной, и определяются щелочность, общая жесткость, хлориды. К концу периода действия фильтра общая жесткость

определяется через короткие промежутки времени (0,5 часа и меньше). Окончание периода действия фильтра приурочивают к появлению общей жесткости 0,2°. Вообще говоря, в процессе эксплуатации период действия фильтров при незначительных колебаниях производительности фильтра и жесткости обрабатываемой воды намечается с достаточной для практических целей точностью заранее.

Пусть t — период работы фильтра между регенерациями в часах;

q — производительность фильтра в $\text{м}^3/\text{ч}$;

J_0 — общая жесткость умягчаемой воды в нем. гр.;

E — емкость поглощения фильтра в тонно-градусах;

e — емкость поглощения 1 м^3 глауконита в тонно-градусах;

d — диаметр фильтра в м;

h — высота слоя глауконита в м.

Тогда имеем:

$$E = q \cdot t \cdot J_0 = e \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot h,$$

откуда

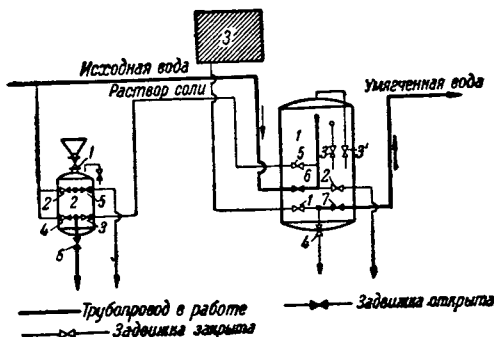
$$t = \frac{\pi d^2 \cdot e \cdot h}{4 q J_0}.$$

Для осторожности принимают

$$t = \frac{0,95 \cdot \pi d^2 \cdot e \cdot h}{4 q J_0}.$$

Значение t в выполненных установках колеблется в пределах 6—15 час. Принимать t меньше 6—8 час. не рекомендуется, так как регенерацию желательно производить не больше одного раза в смену.

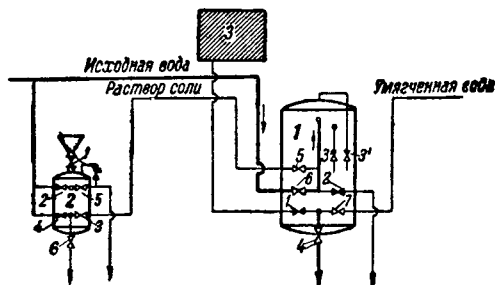
Взрыхление глауконитового песка (промывка). Переключения задвижек показаны на фиг. 460. Взрыхление песка перед регенерацией, или промывка фильтра током воды через дренаж снизу вверх в направлении, обратном фильтрации, имеет целью удаление мелкой взвеси и частиц, появляющихся в результате разрушения глауконита, а главное приведение слежавшегося во



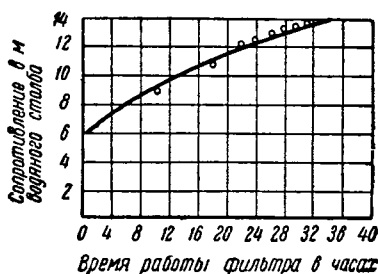
Фиг. 459

1 — фильтр (справа); 2 — солевая установка (слева); 3 — бак для промывной воды (вверху)

Обозначения задвижек 1, 2, 3, 4 и т. д. см. фиг. 458



Фиг. 460



Фиг. 461

время фильтрации песка в такое состояние, при котором раствор соли легко проникал бы к отдельным его зернам. Важно отметить, что частично благодаря загрязнению, а главное потому, что песок слеживается, потеря напора в фильтре возрастает от начала периода действия к концу этого периода. На фиг. 461 приведена одна из кривых изменений сопротивления в фильтре в зависимости от продолжительности его работы (исследования Всесоюзного теплотехнического института). Таким образом, промывка фильтра уменьшает сопротивление песка в период работы, последующий после регенерации.

Закрыв задвижки 6 и 7, открывают задвижку 1 и далее медленно задвижку 2. Интенсивность промывки должна быть в пределах $3,5 — 5 \frac{\text{л/м}^2}{\text{сек}}$. Она связана в определенной степени с высотой пространства над песком, так как должен быть обеспечен определенный подъем песка, но при этом не должно быть выноса последнего с фильтра.

Данные табл. 6 характеризуют режим взрыхления (промывки) фильтров на некоторых объектах Главэнерго.

Таблица 6

Станции	Размер зерен глауконита в мм	Высота слоя глауконита в м	Расстояние от поверхности глауконита до перелива в м	Время взрыхления в мин.	Расход воды на взрыхление в м ³	Интенсивность промывки в $\frac{\text{л/м}^2}{\text{сек}}$
Луганская ТЭЦ	0,2—0,8	1,75	1,4	10	20	4,8
Березниковская ТЭЦ	0,2—0,6	1,18	0,6	10	17	4
Красно-пресненская ТЭЦ	0,2—0,6	1,05	1,2	15	15	4,5
Сталинская ТЭЦ	0,2—0,6	1,20	0,5	10	15	3,3

В табл. 7 указаны примерные интенсивности промывки в зависимости от высоты слоя глауконита и особенно расстояния от его поверхности до перелива (высоты водяной подушки).

Таблица 7

Высота слоя глауконита в мм	Высота водяной подушки в мм	Интенсивность взрыхления (промывки) в $\frac{\text{л/м}^2}{\text{сек}}$
600	1 130	4,7
900	830	4,0
1 200	530	3,2

В отдельных случаях высоту водяной подушки рекомендуется принимать равной примерно 75% от высоты слоя глауконита.

Ограничение интенсивности промывки важно для того, чтобы не было выноса зерен глауконитового песка (допускается лишь соответствующий подъем их) и чтобы не было нарушения поддерживаемых слоев. На трубе, сбрасывающей промывную воду, как уже указывалось,

устанавливается регулятор интенсивности промывки, отрегулированный так, чтобы в воде из сливной трубы не обнаруживалось зерен глауконита.

Установка регулятора на желаемую интенсивность производится заслонкой или изменением длины стержня поплавка.

Промывка может производиться или от специального насоса или чаще из расположенных на необходимой высоте баков. Напор воды для промывки около 8 — 10 м. В целях экономии расхода соли для регенерации и расхода воды для взрыхления (промывки) последнее целесообразно производить водой, уже один раз использованной при отмывке.

Данные табл. 8¹ характеризуют эффективность вторичного использования воды после отмывки песка и указывают на полученную в ряде случаев экономию соли.

Продолжительность промывки примерно 10 мин. Вода после промывки песка идет в сток.

С п у с к в о д ы с п е с к а. Для того чтобы раствор соли, поступающий на фильтр для регенерации, не разбавлялся водой, остающейся над фильтром после промывки, и при этом не ухудшался процесс регенерации, эта вода спускается с фильтра. Задвижки 1 и 2 (фиг. 462) закрываются, задвижка 4 открывается. При этом открываются краны 3 на воздушной трубке и на трубке, кон-

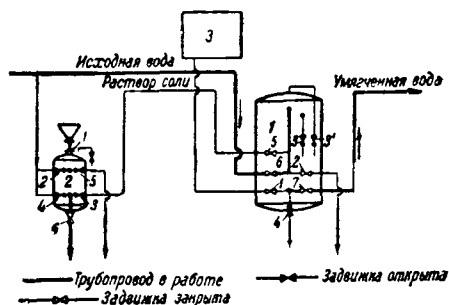
¹ Из инструкции Главэнерго.

Станции	Расход соли в граммах на 1 тонно-град. без повторного использования отмывных вод	Расход соли в граммах на 1 тонно-град. при использовании для взрыхления отмывных вод	Экономия в %	Температура воды в °С
Луганская ТЭЦ	78	65	16	4—10
Березниковская ТЭЦ	—	70	—	35
Красно-пресненская ТЭЦ	75	65	13,4	45
Сталинская ТЭЦ (Москва)	75	65	13,4	10

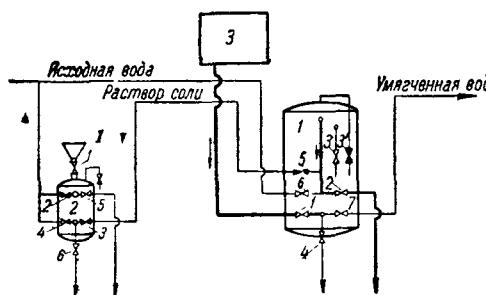
тролирующей уровень воды. Как только из последней перестанет выходить вода, задвижка 4 закрывается. Над песком остается слой воды около 100 мм и первые струи раствора соли не будут размывать поверхность песка.

Напуск раствора соли на фильтр. Кран 3 (фиг. 463) закрывается, задвижка 5 открывается. Через солерастворитель пропускают воду (открываются задвижки солерастворителя 2 и 3) до вымывания всей загруженной в него порции соли из расчета получения 10% концентрации раствора. Водомер перед солерастворителем позволяет пропустить через него необходимое количество воды; так, например, при количестве соли, загруженной в солерастворитель, равном 150 кг, количество воды, потребное для получения 10% раствора, равно примерно 1,5 м³. Операция эта обычно длится 5—10 мин.

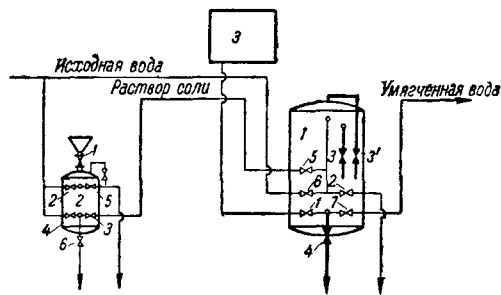
Впуск раствора соли внутрь фильтра. Задвижка 5 (фиг. 464) закрывается, задвижка 4 открывается. При этом, так же как и в случае спуска воды с песка, открываются краны 3. Раствор пропускается внутрь фильтра. Как только из сигнальной трубки 3 перестанет выходить раствор (через несколько минут), следует приступить к отмывке фильтра от избытка соли.



Фиг. 462



Фиг. 463



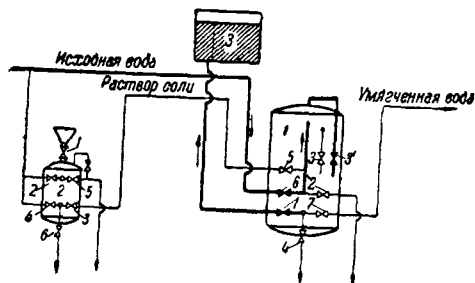
Фиг. 464

Отмывка фильтра с перепуском регенерационных вод в бак (для их дальнейшего использования). Кран 3 (фиг. 465) закрывается, задвижка 6 открывается. Первые порции поступающей отмывной воды идут в сток, затем задвижка 4 закрывается, открывается задвижка 1 и расположенный на соответствующей высоте бак заполняется отмывочными водами в объеме, необходимом для последующей промывки.

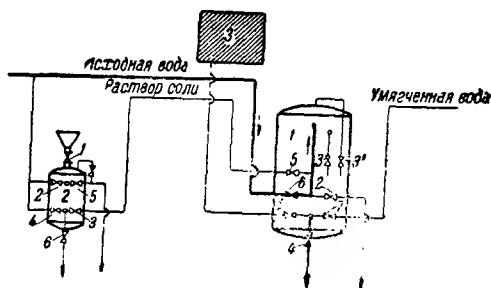
Далее окончательную отмывку ведут со сбросом воды, содержащей уже небольшое количество соли, в сток.

Вторичное использование регенерационных вод ведет к уменьшению расхода соли на 10 — 15 % и уменьшению расхода воды. Регулирование скорости движения воды при отмывке производят соответствующим открытием задвижки 7, ориентируясь при этом по показанию дифференциального манометра.

Окончательная отмывка фильтра со сбросом воды в сток. Задвижка 1 (фиг. 466) закрывается, задвижка 4 открывается, задвижка 6 остается открытой. Отмывка производится до тех пор, пока жесткость в воде по-



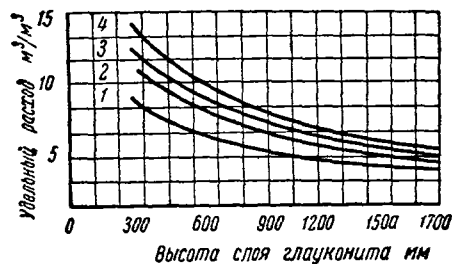
Фиг. 465



Фиг. 466

сле фильтра снизится до $0,2^\circ$ (соли жесткости больше не отмываются) и содержание хлоридов в воде после фильтра не будет значительно превышать содержание их в воде до фильтра (не более чем на 30 мг/л); последнее указывает на почти полную отмывку соли. Скорость отмывки регулируется задвижкой 4, при этом также ориентируются по показаниям дифференциального манометра.

На фиг. 467 приведены кривые¹, дающие зависимость расхода отмывной воды от скорости протекания ее и толщины слоя глауконита. Кривые 1, 2, 3 и 4 соответствуют скоростям от 2 до 15 м/ч. Как это видно из кривых, расход воды при отмывке на 1 м^3 загруженного глауконитового песка возрастает с увеличением скорости и уменьшением слоя глауконита.



Фиг. 467

Скорость отмывки обычно принимают равной 3 — 4 м/ч. Вообще говоря, допустима и большая скорость (15 м/ч и выше), но к этому следует прибегать лишь в случае недостатка умягченной воды и необходимости сокращения продолжительности отмывки, требующей около 1 часа.

Средний расход воды на отмывку 1 м^3 глауконита при принятой толщине слоя песка 3 — 4 м³.

По окончании отмывки задвижка 4 закрывается, задвижка 7 открывается и начинается период умягчения. Все операции (согласно данным эксплуатации Главэнерго) имеют ориентировочно следующую продолжительность:

Умягчение воды	5—15 час.
Промывка песка	10 мин.
Спуск воды с песка	3—5 »
Напуск раствора соли на фильтр	5—10 »
Впуск раствора соли внутрь фильтра	3—5 »
Отмывка фильтра и наполнение бака	40—45 »
Окончательная отмывка фильтра	20—25 »

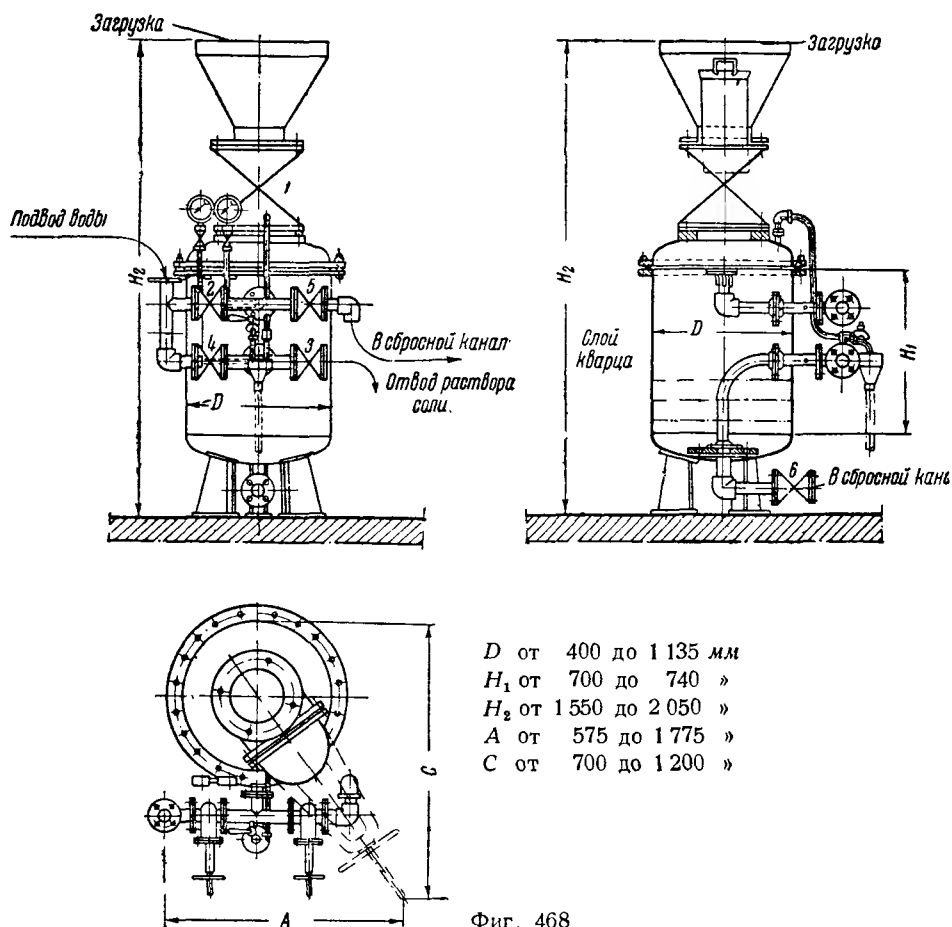
Таким образом, все операции, связанные с регенерацией, требуют около 1,5 часа.

¹ Журнал «Тепло и сила» № 6, 1936.

§ 20. Солерастворитель

Солерастворитель (фиг. 468) служит для приготовления раствора соли необходимой концентрации. Он состоит из цилиндрического корпуса со сферическими днищами (нижнее приварено, верхнее присоединено при помощи фланцев), рассчитанными на то же давление 4—6 ат, что и фильтр дренажной системы, с соответствующими слоями кварца, системы трубопроводов, задвижек и ряда приборов.

Дренажное устройство состоит из листов железа с отверстиями или из приваренной к днищу цилиндрической коробки, образующей с днищем щелевидные отверстия.



Фиг. 468

Над дренажем расположены слои кварца: нижние — поддерживающие, верхний — для фильтрации и задержки примесей в соли. Общая высота слоев кварца от 400 до 500 мм. Слой, расположенный непосредственно на дренаже при крупности зерен 10 — 5 мм, имеет высоту 200 мм; слой выше расположенный при крупности зерен 5 — 2,5 мм имеет высоту 100 мм и верхний слой с крупностью зерен 2 — 1 мм — высотой 100 — 200 мм.

Солерастворитель оборудован трубопроводами с фасонными частями для подведения воды, идущей на растворение в нем соли, отведения из него воды при промывке кварцевого фильтрующего слоя, отведения из него раствора соли к фильтру и подведения под дренаж промывной воды. Вверху солерастворитель имеет воронку для загрузки соли, задвижку и приспособление, предохраняющее задвижку от засорения во время загрузки соли.

Необходимые переключения, обеспечивающие работу солерастворителя, обеспечиваются следующими задвижками (фиг. 468):

- Задвижка 1 — в верхней части;
- Задвижка 2 — со стороны подвода воды для растворения;
- Задвижка 3 — со стороны выхода раствора соли;
- Задвижка 4 — со стороны подвода промывной воды;
- Задвижка 5 — со стороны сброса промывной воды;
- Задвижка 6 — для спуска воды из солерастворителя.

Солерастворитель оборудован воздухоотводящей трубкой с краном на ней и сливной воронкой, двумя манометрами для определения сопротивлений в нем и водомером на линии, подводящей воду.

Работа солерастворителя. Солерастворитель должен давать осветленный раствор NaCl концентрации порядка 10%. Работа его состоит из:

- а) загрузки соли;
- б) получения раствора соли и подачи его в фильтр;
- в) периодической промывки.

Загрузка соли производится перед регенерацией фильтра через воронку при полностью открытой задвижке 1. До загрузки соли часть воды из солерастворителя спускается при открытии задвижки 6.

Количество соли на одну регенерацию равно:

$$P = \frac{70 \cdot E}{1000} \cdot \frac{100}{n} \text{ кг},$$

где 70 — расход соли в г на регенерацию 1 тонно-градуса при условии использования отмывных вод для последующего взрыхления;

E — емкость поглощения фильтра в тонно-градусах.

Так как в продажной соли содержится менее 100% NaCl, то в формулу введена величина n — процент содержания NaCl в продажной соли.

К моменту напуска раствора соли на фильтр постепенно открываются задвижка 2 и кран на воздухоотводящей трубке, а при появлении из этой трубки воды — задвижка 3. Вода, поступающая в солерастворитель, движется в нем сверху вниз и растворяет соль. Раствор соли проходит через слои кварца, осветляется здесь и далее из-под дренажа поступает на глауконитовый фильтр.

Количество пропускаемой через солерастворитель воды определяется количеством соли и названной выше концентрацией раствора. Продолжительность растворения соли и пропуска раствора на фильтр обычно до 10 мин. при скорости в солерастворителе до 20 м/ч и более. Окончание времени растворения можно определить пробой на вкус. Далее закрытием задвижек 3 и 2 солерастворитель отъединяется от фильтра. Периодически через 5 — 6 регенераций солерастворитель промывается для удаления загрязнений, задержанных на кварце, для чего открывают задвижки 4 и 5 и в течение нескольких минут пропускают воду по направлению снизу вверх до полного осветления воды, идущей в сток. Если соль сильно загрязнена, то промывку ведут чаще, а иногда после каждого растворения соли.

На Луганской ТЭЦ за несколько месяцев был один раз сменен гравий вследствие сильного его загрязнения.

Вся работа солерастворителя в период регенерации требует не более 20 мин. На больших установках при значительном расходе соли загрузка ее должна быть механизирована.

§ 21. Расчет глауконитовых фильтров

Расчет фильтров имеет целью определение основных размеров фильтров, их числа и режима работы; расчетом проверяют правильность выбора отдельных величин, которыми предварительно задаются.

Основные расчетные данные:

- 1. Производительность станции в м³/ч.
- 2. Общая жесткость воды, поступающей на глауконитовые фильтры, слагающаяся из:
 - а) постоянной жесткости воды;
 - б) временной жесткости воды;

в) постоянной жесткости, получаемой в результате коагулирования (при этом понижается бикарбонатная жесткость);

г) дополнительно принимаемой жесткости, учитывающей содержание в воде MgO или, правильнее, учитывающей уменьшение обменной способности глауконита по отношению к MgO (в среднем в 1,1 — 1,15 раза).

При отсутствии предварительной обработки или при отсутствии в схеме предварительного умягчения содой постоянная жесткость принимается согласно анализу сырой воды.

При большой постоянной жесткости и при предварительной обработке воды известью и содой остаточная жесткость в зависимости от постоянной жесткости сырой воды принимается равной 5 — 7°; остаточная постоянная жесткость, подлежащая устранению на глауконитовом фильтре, — до 5°.

При отсутствии предварительного известкования временная жесткость принимается согласно анализу сырой воды: при предварительном известковании временная жесткость, подлежащая устранению на глауконитовых фильтрах, принимается равной около 2°.

Постоянная жесткость, появляющаяся в результате реакции коагулирования, если последнее имеет место, зависит от расхода глинозема и при значительных его дозах может быть принята до 1—2°. Но так как при этом понижается бикарбонатная жесткость, то общую жесткость можно при этом считать практически не изменившейся.

При фильтрации воды, обработанной известью или известью и содой, через кварцевые и мраморные фильтры имеет место некоторое снижение жесткости, не принимаемое во внимание.

Дополнительная жесткость, учитывающая содержание в воде MgO при определении необходимой емкости поглощения глауконита, принципиально должна быть указана, но величина ее при использовании глауконитов незначительна, поэтому в приводимом расчете, обладающем точностью лишь в пределах практического определения размеров, она может не учитываться¹.

Для тех пермутитов, у которых обменная реакция с MgO идет медленнее, чем с CaO , это имеет значение.

3. Расчетная емкость поглощения глауконитов $e_{расч}$ принимается обычно несколько меньше емкости поглощения, указанной в основных характеристиках глауконитов, вследствие некондиционности глауконитов и частичной затраты обменной способности глауконитов на умягчение сырой или полуумягченной воды при использовании ее для отмывки глауконита от соли. Уменьшение емкости поглощения за одну регенерацию принимается равным $3 \cdot Ж_0$;

$З$ — средний расход воды в m^3 , идущей на отмывку от соли $1 m^3$ глауконита; $Ж_0$ — общая жесткость сырой или полуумягченной (в случае предварительной обработки) воды, идущей для отмывки.

Расчетная емкость поглощения может быть принята равной 420 — $3Ж_0$ тонно-градусов; но в случае уверенности в достаточно высокой емкости поглощения глауконита, употребляемого для загрузки фильтров, — несколько больше (до 450 — $3Ж_0$).

Расчет можно вести для следующих двух режимов работ:

1) принимается запасный фильтр, включаемый в работу при регенерации рабочих фильтров, т. е. принимается фильтрация на всех фильтрах кроме резервного и одинаковая скорость фильтрации независимо от очередного выключения фильтра для регенерации;

2) принимается форсированная работа фильтров с повышенной скоростью фильтрации при очередном выключении фильтра для регенерации.

Предпочтение следует отдавать первому режиму, гарантирующему более правильную эксплуатацию, но не исключается возможность принятия и второго режима, если скорость фильтрации допускает это (в последнем случае надо учитывать необходимый простой фильтров для регенерации).

¹ Для указанного учета MgO необходимо при переводе MgO в CaO умножить количество MgO не на 1,4, а на 1,54 ($1,4 \cdot 1,1 = 1,54$).

Пользуясь ранее принятыми обозначениями и относя их ко всем фильтрам для первого режима работы, имеем:

$$F \cdot h = \frac{q \cdot t \cdot Ж_0}{e_{расч}} \text{ м}^3;$$

$$F = \frac{q \cdot t \cdot Ж_0}{e_{расч} \cdot h} \text{ м}^2.$$

Так как q , $Ж_0$ и $e_{расч}$ заданы, а h изменяется в весьма узких пределах ($h \approx 1,5 \text{ м}$), то фильтрующая площадь выбирается в зависимости от t (изменяется в пределах 5—15 час.). Далее устанавливаются число фильтров, площадь и диаметр каждого из них.

Подставив вместо F — $\frac{q}{v}$, имеем:

$$\frac{q}{v} = \frac{q \cdot t \cdot Ж_0}{e_{расч} \cdot h} \text{ м}^2,$$

или

$$v = \frac{e_{расч} \cdot h}{t \cdot Ж_0} \text{ м/ч.}$$

Приняв h и t , проверяют v ; если v мало или велико то изменяют частично h и t .

Окончательно устанавливают принимаемые величины, увязывая их со стандартом фильтров и данными эксплуатации.

Потеря напора в фильтре примерно определяется по графику фиг. 455.

Пример. Производительность станции 200 м³/ч.

Общая жесткость воды равна 9°.

Расчетная емкость поглощения глауконитов:

$$e_{расч} = 420 - 3 \cdot 9 = 393 \text{ тонно-градуса.}$$

Общая площадь фильтрации:

$$F = \frac{q \cdot t \cdot Ж_0}{e_{расч} \cdot h} = \frac{200 \cdot t \cdot 9}{393 \cdot h}.$$

Принимаем $h = 1,5 \text{ м}$ и $t = 7 \text{ час.}$

Тогда

$$F = \frac{200 \cdot 7 \cdot 9}{393 \cdot 1,5} \approx 21,3 \text{ м}^2.$$

Принимаем фильтры $D = 3 \text{ м}$. Площадь каждого фильтра $f = 7,07 \text{ м}^2$. Намечаем к установке четыре фильтра — три рабочих и один резервный (включаемый во время регенерации рабочих).

Подставляя вместо F — $7,07 \cdot 3 = 21,21 \text{ м}^2$, получаем:

$$t = \frac{21,21 \cdot 393 \cdot 1,5}{200 \cdot 9} \approx 6,9 \text{ час.};$$

$$v = \frac{393 \cdot 1,5}{6,9 \cdot 9} \approx 9,5 \text{ м/ч,}$$

что для данной жесткости вполне приемлемо.

Расход воды на регенерацию. Определим расход воды на регенерацию применительно к рассмотренному примеру. Расход этот складывается из:

а) расхода воды на взрыхление;

б) спуска воды с песка;

в) расхода воды на приготовление раствора соли;

г) расхода воды на окончательную отмывку фильтра со сбросом воды (отмывные воды за исключением самых первых порций перепускаются в бак для их дальнейшего использования);

д) расхода воды на промывку солерастворителя.

Расход воды на взрыхление при интенсивности промывки $5 \frac{\text{л/м}^2}{\text{сек}}$ и продолжительности промывки 10 мин. за один период действия фильтров составит:

$$0,005 \cdot 7,07 \cdot 10 \cdot 60 = 21,2 \text{ м}^3.$$

Расход воды при спуске ее с песка при слое спускаемой воды 0,6 м за тот же период составит:

$$0,6 \cdot 7,07 = 4,2 \text{ м}^3.$$

Расход воды на приготовление 10%-ного раствора соли составит:

$$\frac{P \cdot 10}{1000} \text{ м}^3,$$

где P — расход соли на одну регенерацию в кг;

$$P = \frac{70 \cdot E}{1000} \cdot \frac{100}{n} = \frac{70 \cdot e \cdot 7,07 \cdot 1,5}{1000} \cdot \frac{100}{n}.$$

Для упрощения принимаем $e = 420$ и предположим соль чистой, т. е. n близким 100, тогда $P \approx 310$ кг и расход воды равен $3,1 \text{ м}^3$.

Расход воды на отмывку глауконита в фильтре после регенерации составит:

$$3 \cdot 1,5 \cdot 7,07 = 31,8 \text{ м}^3.$$

Часть этой воды после отмывки фильтров используется для взрыхления песка при следующей регенерации; оставшая часть воды поступает в сток без дальнейшего использования. Расход этот составит:

$$31,8 - 21,2 = 10,6 \text{ м}^3.$$

Расход воды на промывку солерастворителя. При загрузке 310 кг соли при насыпном весе соли 1 т в 1 м^3 необходим солерастворитель полезной емкостью около $0,31 \text{ м}^3$. Этому удовлетворяет солерастворитель № 5 (проект стандарта Главэнергопрома); $D = 1,135 \text{ м}$.

При интенсивности промывки $10 \frac{\text{л/м}^2}{\text{сек}}$ и продолжительности промывки 3 мин. расход воды выразится:

$$\frac{0,01 \cdot \pi \cdot 1,135^2}{4} \cdot 180 = 1,8 \text{ м}^3.$$

Считая одну промывку солерастворителя через четыре регенерации, получим расход воды на промывку солерастворителя, приходящийся на одну регенерацию:

$$\frac{1,8}{4} = 0,45 \text{ м}^3.$$

Таким образом, общий расход воды на регенерацию равен:

$$21,2 + 4,2 + 3,1 + 10,6 + 0,45 = 39,55 \text{ м}^3,$$

что составляет:

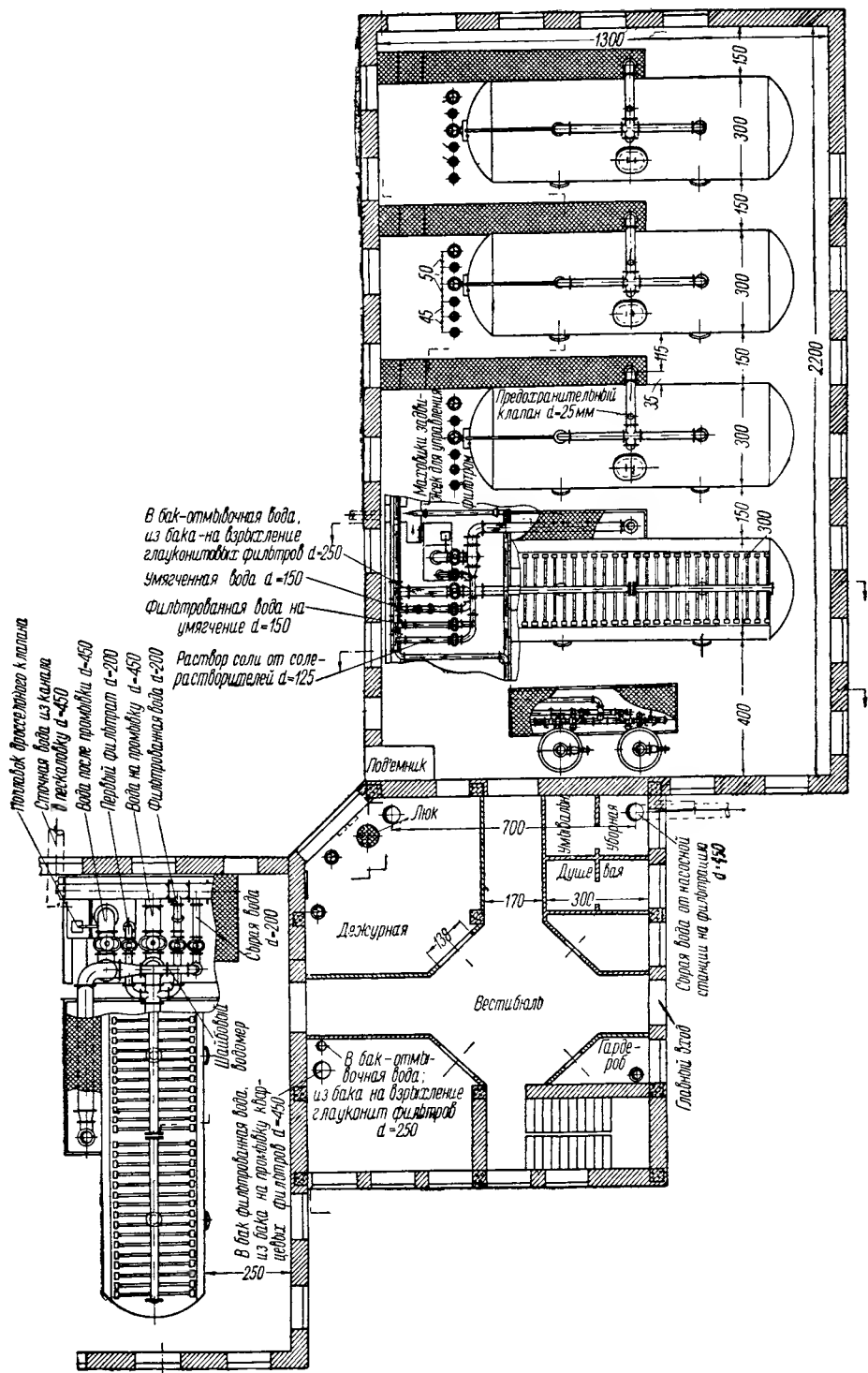
$$\frac{39,55}{v \cdot f \cdot t} 100\% = \frac{39,55 \cdot 100}{9,5 \cdot 7,07 \cdot 6,9} = 8,5\% \text{ от производительности фильтров.}$$

Таким образом, количество воды, подаваемое на глауконитовые фильтры, равно:

$$q(1 + 0,085) = 200 \cdot 1,085 = 217 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Следует заметить, что для растворения соли в отдельных случаях может быть также использована вода после отмывки фильтров.

При предварительной обработке воды общий расход воды на все нужды станции возрастает; он включает в себя еще расход воды на промывку кварцевых фильтров, периодическую промывку отстойников и пр.

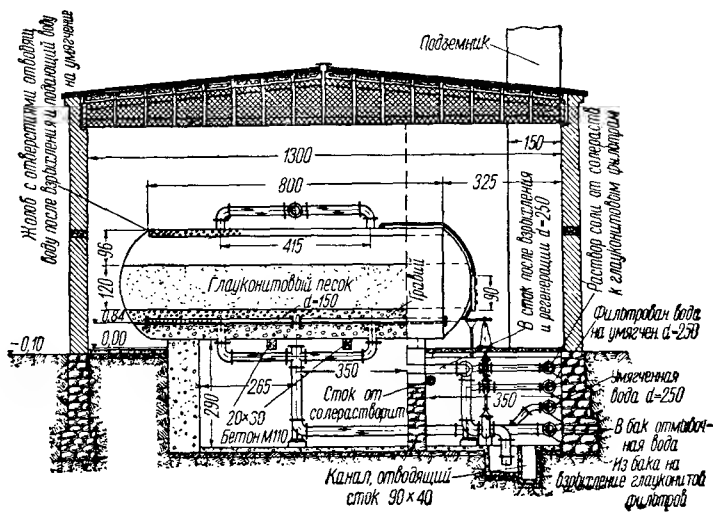


§ 22. Горизонтальные напорные глауконитовые фильтры

Для крупных станций умягчения воды число обычных напорных вертикальных глауконитовых фильтров может оказаться большим. В таких случаях иногда проектируют горизонтальные напорные фильтры. Будучи более крупными, они в ряде случаев позволяют упростить эксплуатацию и уменьшить здание станции. Кроме того, существенной является экономия металла.

На фиг. 469а и 469б представлена станция для осветления (коагуляция, фильтрация) 20 000 м³ воды в сутки и умягчения 8 000 м³ в сутки предварительно осветленной воды общей жесткостью 13,5°. В правом крыле станции установлено четыре горизонтальных фильтра (три рабочих и один резервный) диаметром 3 м и длиной 8 м. Фильтрующая площадь каждого фильтра около $2,8 \cdot 8 \approx 22,4$ м². Объем глауконита в каждом фильтре $1,2 \cdot 22,4 \approx 27$ м³. Конструкция фильтра не позволяет принять слой глауконита больший 1,2 м. Расчет фильтров ведется обычным способом.

Межрегенерационный период принят около 5 час. Скорость фильтрации 5 м/ч. Дренаж трубчатый с магистралью $d = 150$ мм, направленной по длине фильтра, и ответвлениями. В отверстиях последних закреплены небольшие вер-



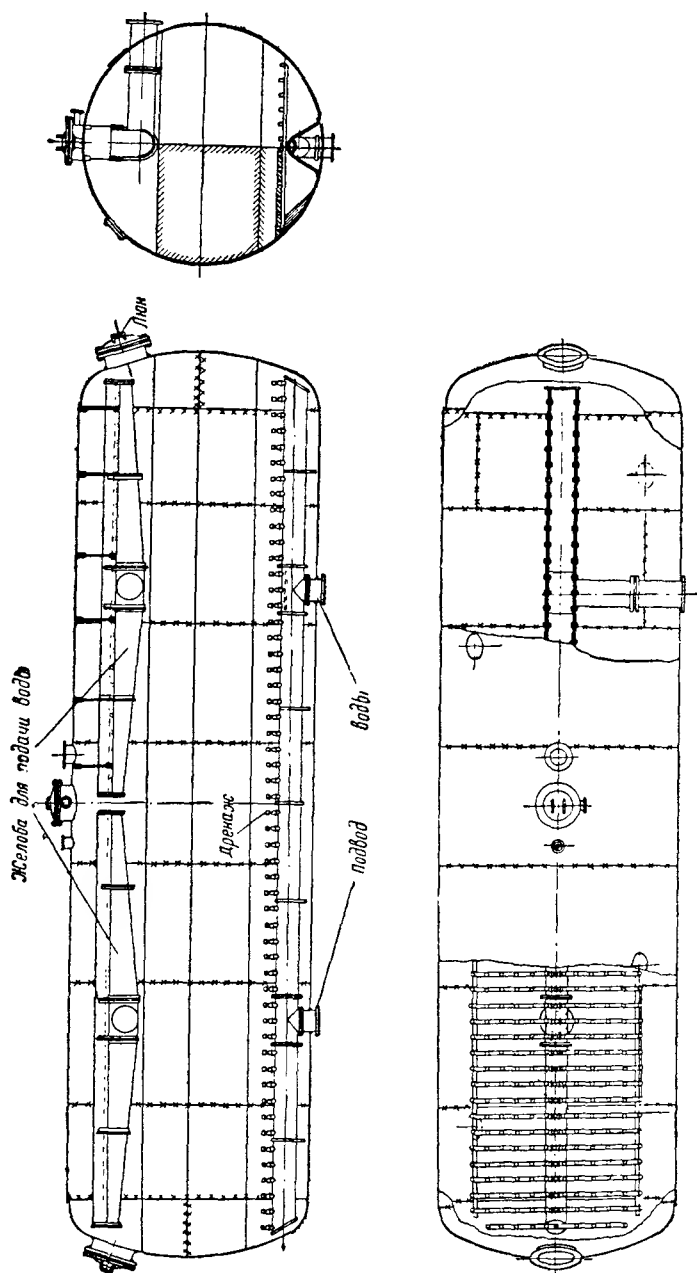
Фиг. 469б

тикальные трубки с колпачками из пластмассы. Подача воды на фильтр, как это видно из фигуры, происходит в двух местах. Подача воды для взрыхления и промывки производится в магистраль дренажа также в двух местах. В каждом месте подводится 56 л/сек (интенсивность $5 \frac{\text{л}}{\text{м}^2 \text{сек}}$). Этот расход в свою очередь направляется в обе стороны по 28 л/сек. Скорость у входа в магистраль принята 1,6 м/сек.

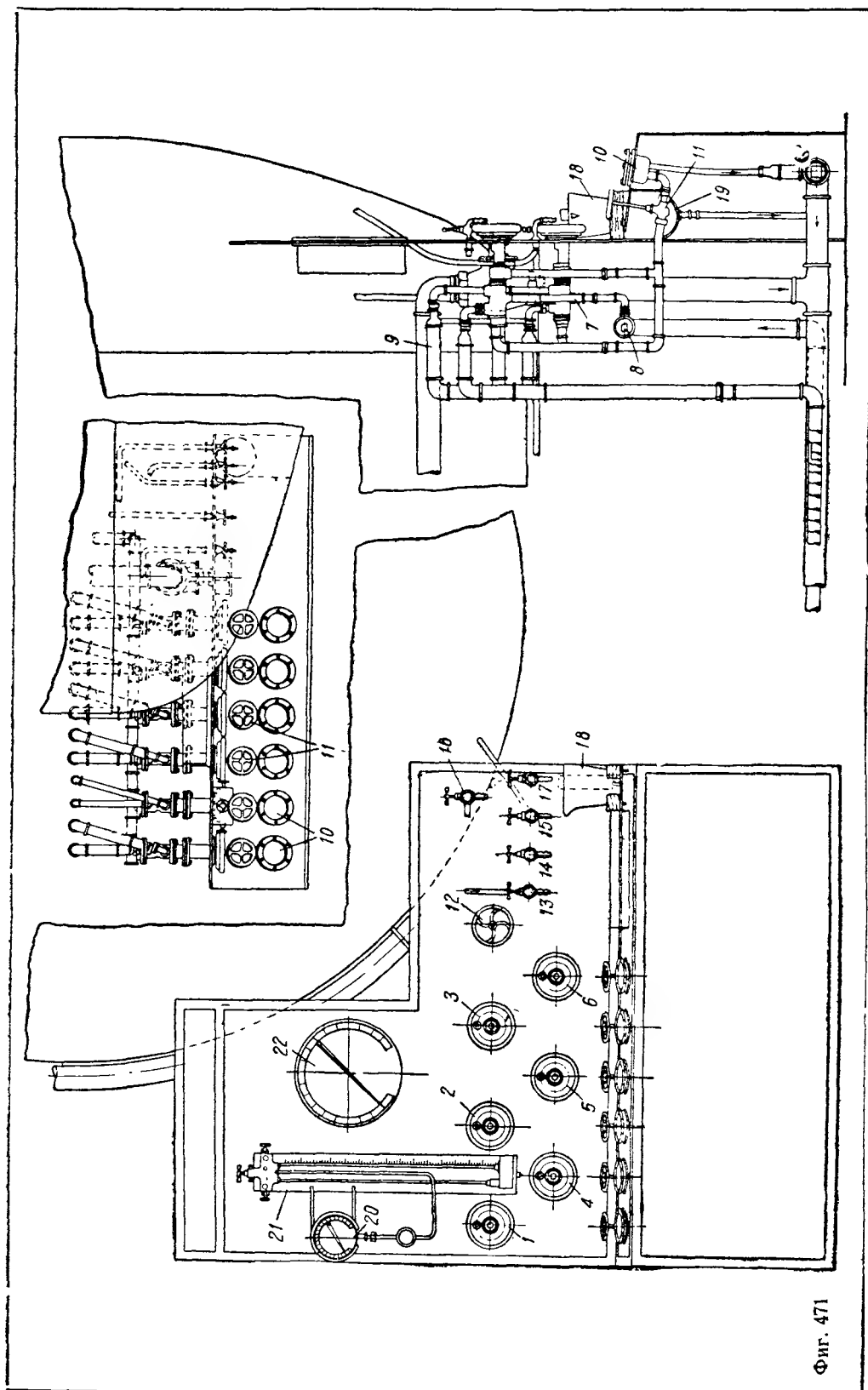
Жолоб с отверстиями, идущий вдоль фильтра, распределяющий умягчаемую воду по поверхности песка и отводящий воду после промывки (взрыхления) песка, рассчитывается на расход 112 л/сек.

Фильтр снабжен всеми приборами и приспособлениями для управления, так же как и вертикальный глауконитовый фильтр. Все это сосредоточено в одном месте с торцевой стороны.

На фиг. 470 отдельно изображен горизонтальный напорный пермутитовый фильтр площадью фильтрации около 30 м² и производительностью 250 — 300 м³/ч (конструкция инж. Туганова); $D = 3$ м; L несколько более 10 м. Конструкция дренажа обычная. Высота слоя кварца около 250 мм; высота слоя пермутита (глауконита) около 1,3 м. Трубопроводы и пр. размещаются в галерее под средней частью фильтра. Фильтр рассчитан на рабочее давление 7 ат. Общий нагру-



Фиг. 470



Фиг. 471

зочный вес такого фильтра (металл, бетон, кварц, глауконит, вода) около 125 т. Значительный интерес представляет управление фильтром при помощи гидравлических задвижек, приводимых в действие с центрального пульта, помещенного у переднего днища. На фиг. 471 представлен пульт управления: 1, 2, 3, 4, 5 и 6 — пусковые вентили для шести задвижек, осуществляющих соответствующие переключения (как и у вертикального фильтра). Вода из сети подводится к вентилям трубой 8 с ответвлениями 7 и далее может направляться в один из двух трубопроводов 9, соединяющих вентили с их гидравлическими задвижками. Один трубопровод соединен с пространством над поршнями задвижек, другой — под поршнями. Вентили 11 и смотровые окна 10 соединяют каждый основной вентиль с канализацией, что позволяет контролировать работу вентиля; 12 — вентиль на воздушной трубе, 13 — кран на воздушной трубе, 14 — кран для отбора проб с фильтра, 15 — кран для контроля уровня воды в фильтре при спуске водяной подушки, 16, 17 и 18 — краны и стеклянный сосуд для контроля выноса пермутита, 19 — лоток, 20 — манометр, 21 — дифференциальный манометр, 22 — указатель производительности фильтра.

ГЛАВА IV

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПОСТРОЙКЕ СТАНЦИЙ ДЛЯ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

§ 23. Выбор площадки для водоумягчительной станции и канализация отработанных вод

Выбор площадки для водоумягчительной станции зависит от метода умягчения (количество шлама и отработанных вод), взаимного расположения жел.-дор. станции, источника водоснабжения и намечаемых сооружений, наличия оврагов, балок и пр. для спуска отработанных вод.

При незначительном количестве шлама станция умягчения может быть расположена у жел.-дор. станции. Здесь же целесообразно расположить станцию умягчения в смысле облегчения доставки необходимых реагентов. Однако такое расположение станции осуществимо лишь при возможности простого (без больших затрат) выпуска шлама и отработанных вод.

При комбинированном умягчении воды, при большом количестве шлама и отработанных вод станция в отдельных случаях может быть расположена и у источника водоснабжения (например реки), что упрощает выпуск отработанных и шламовых вод, каковые в ряде случаев составляют 15% и более от количества воды, подаваемой на станцию, и ведет к экономии энергии (отпадает необходимость дополнительной перекачки указанных 15% воды).

Вопросы канализации отработанных вод и шлама при выборе площадки имеют наравне с вопросами транспорта реагентов решающее значение. Однако при этом не следует забывать, что выпуск шлама в реку может повести к ее загрязнению, поэтому такой выпуск должен быть согласован с органами санитарного надзора, а в случае использования реки недалеко от места выпуска шлама и отработанных вод для забора питьевой воды или в случае мелководности реки такой выпуск шлама вообще не может быть допущен. Таким образом, выбор площадки для станции умягчения при большом количестве шлама должен решаться совместно с большим и важным вопросом канализации. Кроме того, площадка под станцию должна выбираться в месте с достаточно устойчивыми грунтами.

К а н а л и з а ц и я о т р а б о т а н н ы х в о д . Ш л а м о в ы е о т с т о й н и к и

Для наиболее приемлемой на жел.-дор. транспорте станции умягчения комбинированного типа (содово-известково-цеолитовый) вопросы канализации приобретают особое значение, так как отработанные и шламовые воды при этом способе умягчения достигают, как указывалось, 15% и более.

Отработанные воды при комбинированном методе умягчения загрязнены минеральными примесями. Отмывочные воды содержат большое количество NaCl (зависящее от жесткости умягчаемой воды). Отвод их в небольшой водоем может повлечь за собой засоление последнего, а следовательно и невозможность использования его через короткий промежуток времени (3 — 5 лет) для питьевых и хозяйственных нужд.

Выбор способа отведения шламовых вод, содержащих большое количество взвешенных минеральных примесей, выпадающих в осадок, зависит от топографии местности и удаленности места выпуска. В тех случаях, когда удаление этих вод самотеком не удастся осуществить, устанавливаются насосы для перекачивания их к месту выпуска.

Для спуска отработанных вод и шлама лучше всего использовать овраги и балки; болота для этой цели выбираются в исключительных случаях, так как более интенсивное заболочивание может ухудшить общее санитарное состояние района; озера могут быть использованы лишь крупные, проточные с тем, чтобы спуск не отражался на их гидрохимическом режиме и не исключалось пользование ими для питьевых и хозяйственных нужд. При наличии небольших озер они могут со временем засолониться и стать не пригодными для использования в качестве источника водоснабжения; следует также учесть случаи использования небольших озер для водопоя скота, для рыбоводства и т. д.; в отдельных случаях целесообразно осуществлять выпуск в протоки, выходящие из озера.

Наконец, как уже указывалось, для выпуска отработанных вод и шлама могут быть использованы реки, особенно со значительным расходом и скоростью течения, где имеется возможность быстрого самоочищения.

Следует обеспечить наилучшее смешение выпускаемых вод с водами водоема. Место выпуска в этих случаях выбирается наиболее глубокое и удаленное от поселка или забора воды, причем место это не должно заноситься наносами.

Канализация в отдельных случаях представляет настолько большой вопрос, что может влиять на выбор метода умягчения. В отдельных же случаях затруднения в решении вопросов канализации и соображения, связанные с желанием экономить воду, приводят к проектированию в схеме сооружения специальных шламовых отстойников. Вместе со шламом из сатураторов и отстойников удаляется большое количество полезной воды, которая после отстаивания в шламовых отстойниках может быть использована. Возможно, что в отдельных случаях может быть использован и шлам. Можно ориентировочно предположить, что за один выпуск шламовых вод из отстойника или сатуратора удаляется до 0,1 объема этих сооружений и что полезной воды или раствора можно вернуть до 80% от этого количества.

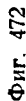
§ 24. Компонировки станций умягчения воды и общие соображения к выбору типа станции и ее элементов

Самым серьезным при проектировании является решение принципиальной схемы умягчения и компоновки станций.

На ряде жел.-дор. станций в США даже при жесткости воды в 10 нем. гр. установлены умягчители небольшой производительности — до 15 — 20 $\text{м}^3/\text{ч}$, отличающиеся особой компоновкой частей и невысокой стоимостью и занимающие небольшую площадь.

В небольших таких установках, работающих по известково-содовому методу, использование фильтров ограничено; здесь применяется коагулянт — сернокислый алюминий и в последние годы широко — алюминат натрия. Центральная труба отстойника, служащая камерой реакции, проектируется на 20 — 30-минутное пребывание в ней воды. Отстойник иногда проектируется на 4 — 8 час., используется для хранения запаса воды, т. е. как резервуар, причем для забора воды из этого резервуара, заменяющего часто водонапорную башню, устраивается труба с подвижным концом — поплавком (плавающего типа).

На жел.-дор. транспорте в СССР такие установки не приняты; проектируемые сооружения имеют производительность в пределах от 50 до 300 $\text{м}^3/\text{ч}$,



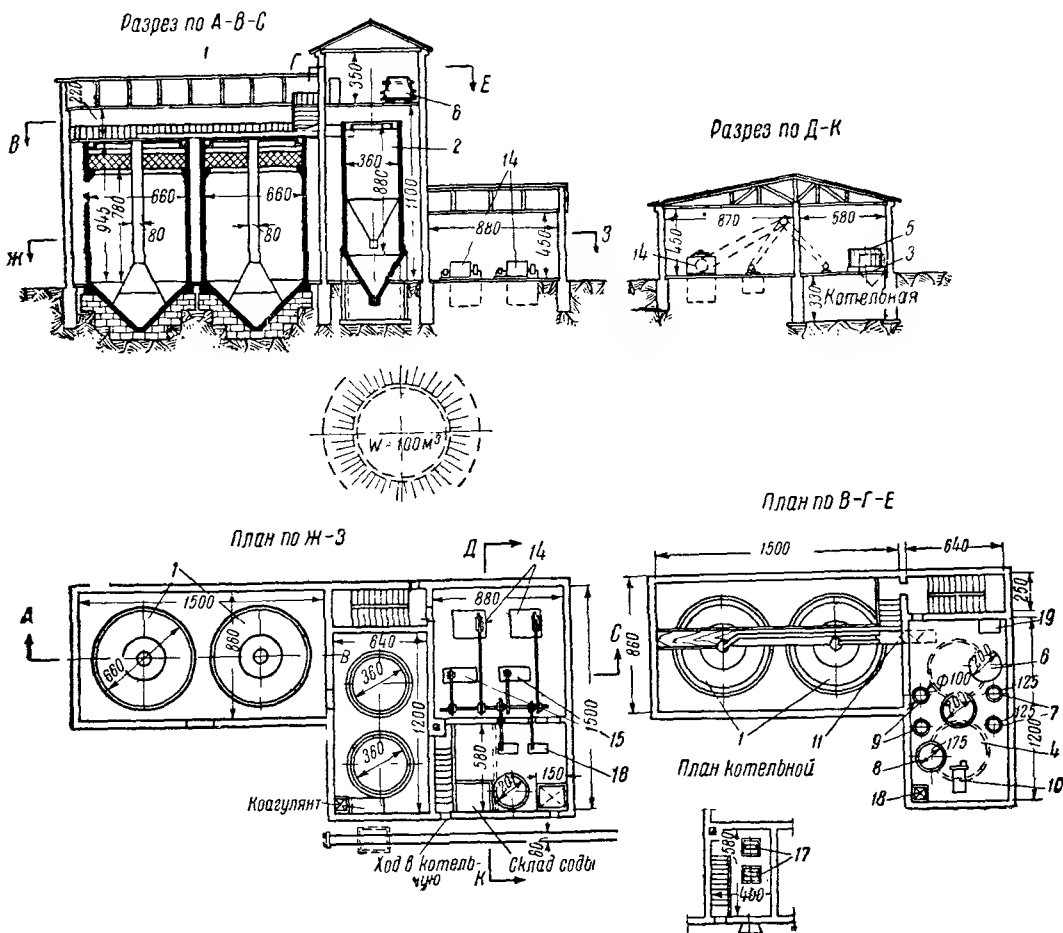
1—отстойник; 2—сатуратор; 3—резервуар умягченной воды; 4—распределитель воды; 5—вытеснитель соды; 6—вытеснитель коагулянта; 7—бак для раствора соды; 8—бак для раствора коагулянта; 9—бак известкового молока; 10—твораил; 11—содовая мешалка; 12—известковая мешалка; 13—нефтяные двигатели; 14—насосы; 15—насосы для перекачивания реагентов; 16—котлы для отопления; 17—подъемник; 18—смеситель; 19—лабораторный стол

редко больше. Однако это уже большие сооружения, где особое значение имеют не только схема технологического процесса, но и вопросы компоновки.

Преимущества и недостатки известково-содового, цеолитового и комбинированного метода умягчения были уже приведены.

Умягчение по известково-содовому методу в тех случаях, когда жесткость умягченной воды может быть допущена в пределах 5 нем. гр. и когда такая схема с учетом ее недостатков (необходимость выпуска шлама и пр.) все же приемлема для данных местных условий, позволяет принять два основных варианта:

- 1) схема, включающая горизонтальные отстойники;
- 2) схема, включающая вертикальные отстойники.



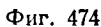
Фиг. 473

1—отстойники; 2—сатураторы; 3—известковая мешалка; 4—бак для известкового молока; 5—содовая мешалка; 6—бак для раствора соды; 7—вытеснитель раствора соды; 8—бак для растворения коагулянта; 9—вытеснитель раствора коагулянта; 10—распределитель воды; 11—смеситель; 12—сцеха для извести; 13—резервуар чистой воды; 14—нефтяные двигатели; 15—насосы; 16—насосы для перекачивания реагентов; 17—паровые котлы; 18—подъемник; 19—лабораторный стол

Остановимся несколько подробнее на компоновке тех и других станций.

На фиг. 472 представлена станция умягчения типа «Струя горизонтальная» производительностью 100 м³/ч. Здесь предусмотрена установка горизонтального отстойника с фильтром из древесной шерсти и двух пар одноярусных сатураторов. Отдельные элементы станции ясны из фигуры. Указанный тип станции широко представлен среди выстроенных станций умягчения на жел.-дор. транспорте. В подавляющем большинстве работа выстроенных станций неудовлетворитель-

Одним из основных недостатков станций типа «Струя горизонтальная» является трудность удаления осадка из горизонтального отстойника, так как последний (шлам) сильно слеживается, мало подвижен, забивает выпускные отверстия, плохо поступает к шламовому колодцу и т. д. Решение вопроса удаления шлама в горизонтальных отстойниках должно пойти по линии меха-



1—прямоугольные отстойники; 2—фильтры; 3—резервуар умягченной воды; 4—распределитель воды; 5—дозатор известкового молока; 6—высестигатели соды; 7—высестигатели коагулянта; 8—бак для раствора соды; 9—бак для раствора коагулянта; 10—смеситель; 11—бак для промывной воды; 12—твороило извести; 13—мешалка известкового молока; 14—мешалка содового раствора; 15—насосы для перекачивания реагентов; 16—насосы для оборотной воды; 17—насосы второго подъема; 18—генераторы; 19—нефтяные двигатели; 20—трансмиссия; 21—котлы парового отопления; 22—подъемник

На фиг. 473 представлена станция умягчения типа «Струя вертикальная» производительностью 100 м³/ч с вертикальными отстойниками с фильтрами из древесной шерсти в верхней части и двухъярусными сатураторами.

На фиг. 474 показана станция умягчения известково-содовым методом производительностью 200 м³/ч с вертикальными прямоугольными отстойниками, кварцевыми фильтрами без сатураторов (дозирование известкового молока). Вариант станции представляется определенным сдвигом в проектировании, однако, он далеко не исчерпывает возможные и приемлемые варианты.

На фиг. 475 дана хорошо разработанная станция производительностью 100 м³/ч (для иного солевого состава воды).

Анализ приводимых станций и компоновок невозможен без сравнения строительной стоимости сооружений и стоимости 1 м³ умягченной воды. Сравнение ориентировочной строительной стоимости и стоимости 1 м³ умягченной воды согласно данным Трансводпроекта приведено в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Наименование схемы	Производительность станции в м ³ /ч	Ориентировочная стоимость в руб.	Ориентировочная стоимость при замене сатураторов дозаторами в руб.	Примерные годовые эксплуатационные расходы в руб.	Ориентировочная стоимость 1 м ³ воды в коп.
Содово-известковый метод	50	210 000	183 000	113 000	27
Тип «Струя горизонтальная»	100	340 000	292 000	183 000	21,8
Содово-известковый метод					
Тип «Струя вертикальная» с сатураторами и фильтрами из древесной шерсти	50	215 000	194 500	107 000	25,4
	100	400 000	352 000	174 000	20,7
	200	615 000	543 000	287 000	17,1
Содово-известковый метод					
Дозирование известковым молоком	50	—	235 000	123 500	29,4
Фильтры кварцевые	100	—	385 000	184 500	22
Отстойники вертикальные цилиндрические	200	—	570 000	285 000	17
Содово-известковый метод					
Дозирование известковым молоком	50	—	275 000	128 000	30,4
Фильтры кварцевые	100	—	405 000	183 000	21,8
Отстойники вертикальные прямоугольные в здании	200	—	630 000	306 000	17,5

П р и м е ч а н и я. 1. Данные приведены в соответствии с показанными типами, компоновками и пр.

2. Стоимость сооружений и себестоимость зависят от качества воды. Для всех случаев кроме изображенных на фиг. 475, 477, 479 исходная вода принята одинаковой со следующим солевым составом:

Общая жесткость 57 нем. гр.

Карбонатная жесткость 22 нем. гр.

Постоянная жесткость 35 нем. гр.

Окись магния 80 мг/л.

Естественно, что при ином солевом составе воды стоимости, приведенные в табл. 9, и соотношения этих стоимостей изменяются; так, например, чем меньше карбонатная жесткость, тем меньшее влияние на стоимость окажут сатураторы, и т. д.

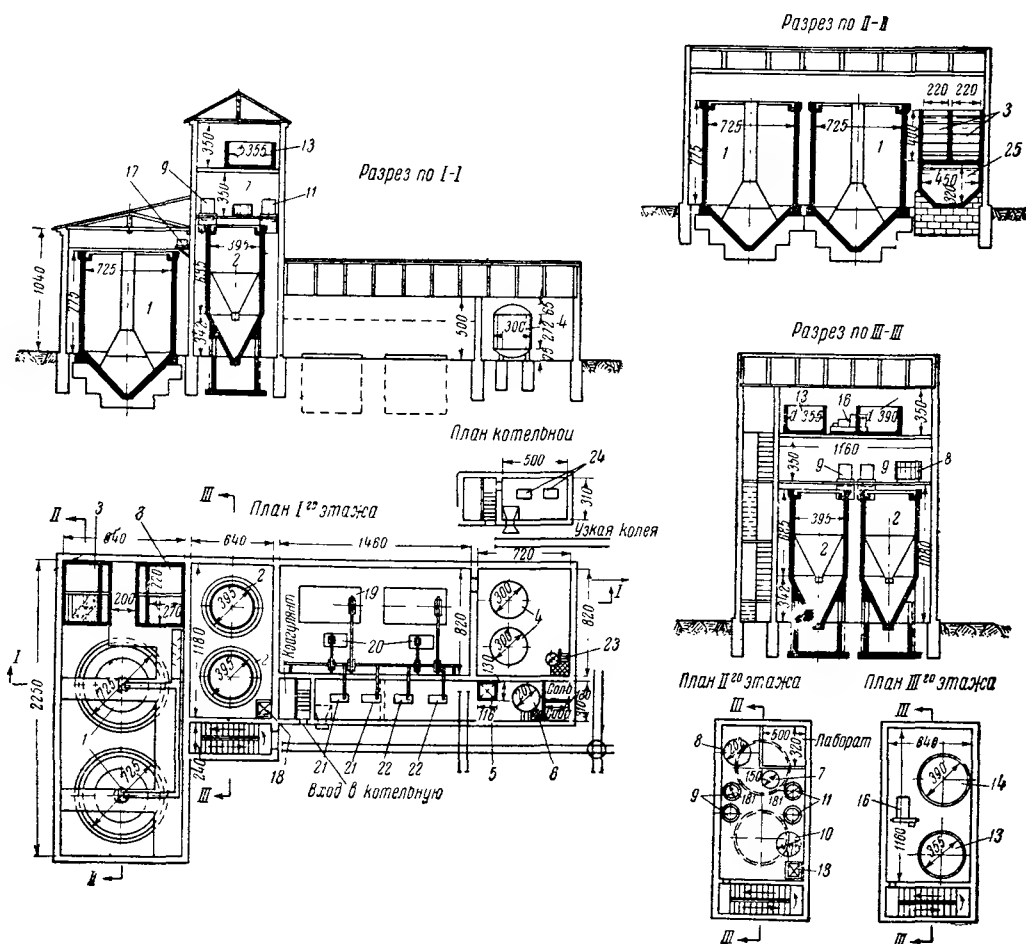
3. Приведенные стоимости следует рассматривать только как весьма ориентировочные.

Указанные станции отличаются способом дозирования извести, конструкцией отстойников, конструкцией фильтров и, как это следует из фигур и описания их, рядом прочих элементов.

С п о с о б д о з и р о в а н и я и з в е с т и отражается на строительной стоимости и на себестоимости 1 м³ умягченной воды. Ранее уже указывалось на преимущества и недостатки сатураторов и дозаторов, дозирующих известковое

молоко. Для станций производительностью выше $100 \text{ м}^3/\text{ч}$, а в некоторых случаях (большая карбонатная жесткость) и для станций меньшей производительности при наличии хорошей извести и наличии надежно работающих дозаторов установка последних приводит к снижению строительной стоимости сооружения и должна быть рекомендована.

Конструкция вертикальных цилиндрических отстойников, вынесенных из здания, несколько уменьшает строительную стоимость. Такой вариант правилен лишь для районов с соответствующими климатическими условиями (например юг), ибо в отстойнике идет реакция, а низкие

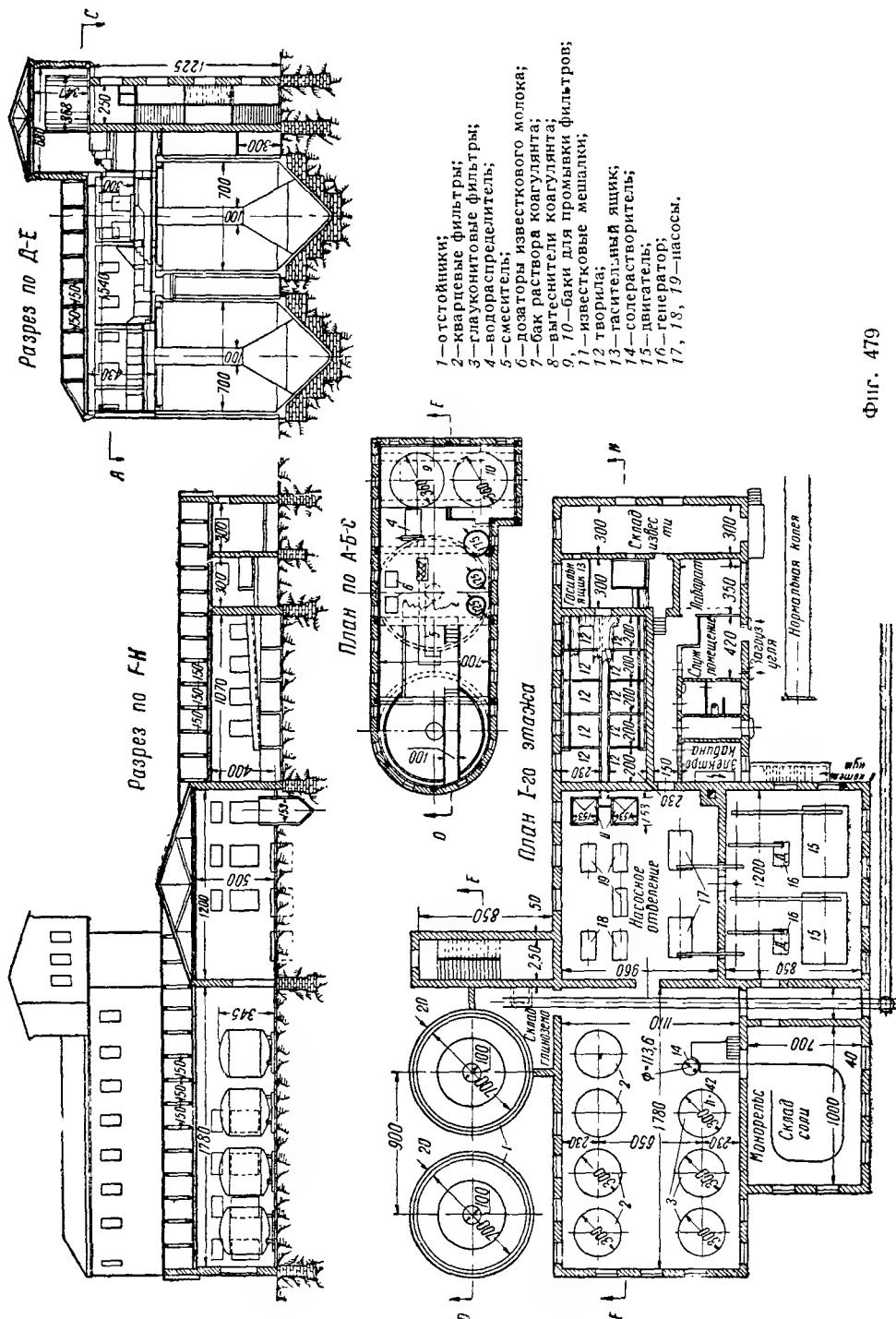


Фиг. 476

1—отстойники; 2—сатураторы; 3—кварцевые фильтры; 4—глауконитовые фильтры; 5—известковая мешалка; 6—содовая мешалка; 7—бак для известкового молока; 8—бак для раствора соды; 9—вытеснитель раствора соды; 10—бак для раствора коагулянта; 11—вытеснитель раствора коагулянта; 12—бак для промывки кварцевых фильтров; 13—бак для промывки глауконитовых фильтров; 14—бак для промывки глауконитовых фильтров; 15—распределитель воды; 16—распределитель воды; 17—смеситель; 18—подъемник; 19—двигатели; 20—насосы; 21—насосы для перекачивания реагентов; 22—насосы для оборотной воды; 23—соледастворитель; 24—котлы отопления; 25—резервуар оборотной воды

температуры задерживают последнюю. Большое распространение может иметь вариант с отстойниками в здании, причем лучшая компоновка достигается здесь при квадратных отстойниках. Необходимо лишь правильное решение вопроса распределения воды по отстойникам.

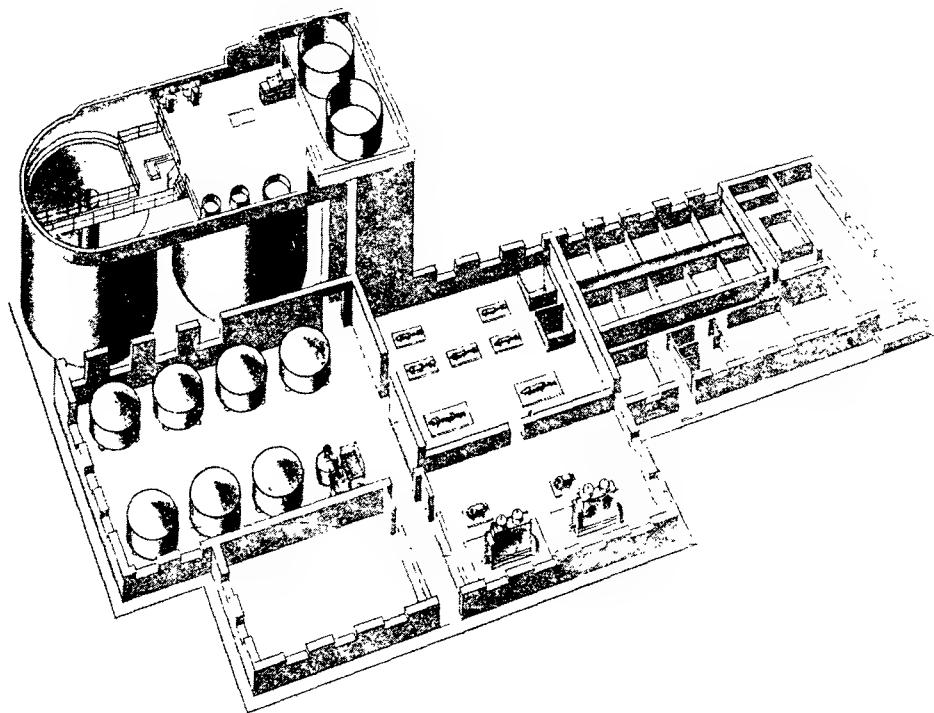
Тип станции с горизонтальными отстойниками дает некоторое уменьшение строительной стоимости, но указанных весьма серьезных недостатков уже достаточно для того, чтобы названный вариант исключить из практики проектирования.



Фиг. 479

Конструкции фильтров, принятые в представленных схемах, отражаются на строительной стоимости и себестоимости 1 м^3 воды, но если фильтры с кварцевым песком и ведут к некоторому удорожанию, то они не могут не отразиться на улучшении качества воды; они дают более надежную эксплуатацию потому, что промывка их проста, замена же загрязняющихся фильтров из древесной шерсти связана с выключением отстойника минимум на несколько часов и с перебоями в работе станции; при этом промывка кварцевого фильтра проводится обычно своевременно, в то время как загрязнившийся неодинаково во всех своих частях работающий фильтр из древесной шерсти обычно своевременно не сменяют.

За исключением небольших станций (50 м^3 или несколько более) следует предпочитать кварцевые фильтры.



Фиг. 483

Компоновка и взаимное расположение сооружений должны намечаться особо в каждом отдельном случае.

Как уже указывалось, в водоснабжении на жел.-дор. транспорте большое место должен занять комбинированный метод умягчения.

На фиг. 476 показана станция комбинированного умягчения с предварительной обработкой воды известью и содой (большая некарбонатная жесткость) производительностью $100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

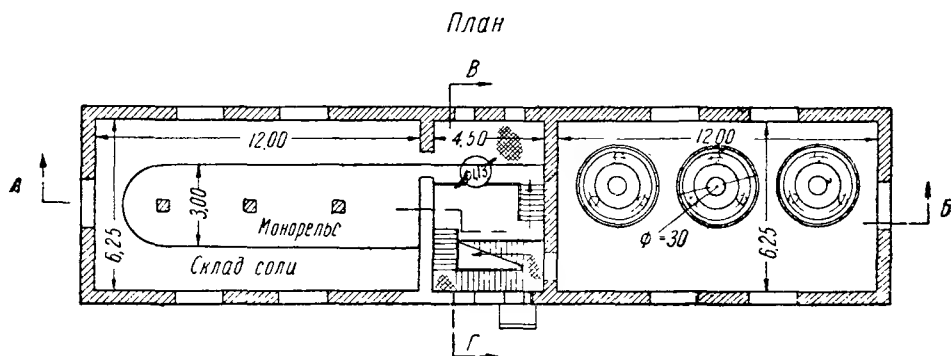
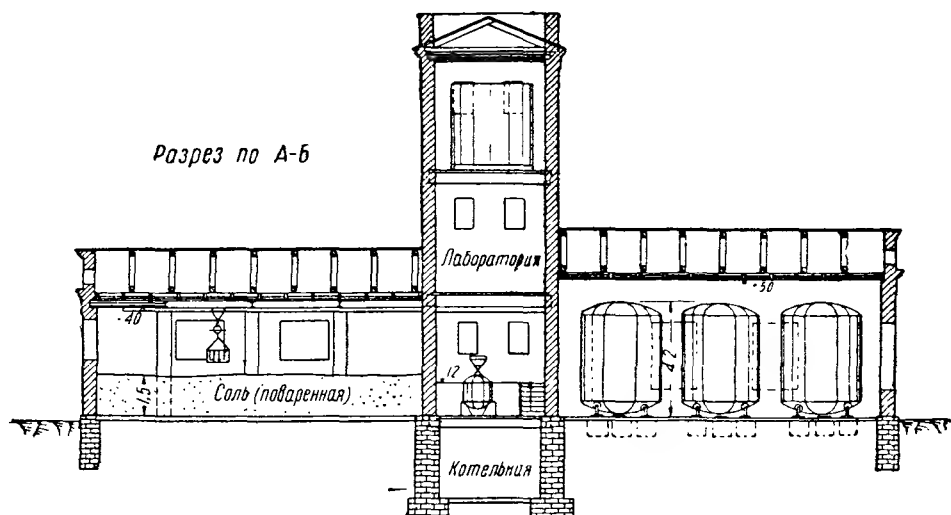
На фиг. 477 изображена станция на $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ для иного солевого состава воды без сатураторов, с напорными кварцевыми фильтрами, с размещением складов и с иным расположением элементов.

На фиг. 478 показана станция умягчения комбинированным методом производительностью $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ с предварительной обработкой воды известью. На фиг. 479 — станция умягчения известково-цеолитовым методом производительностью $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ без сатураторов, с напорными кварцевыми фильтрами. На фиг. 480 схематично показан внутренний вид станции. Отдельные элементы ясны из фигур.

В табл. 10 приведены ориентировочная стоимость сооружений и стоимость 1 м³ умягченной воды (согласно данным Трансводпроекта).

Таблица 10

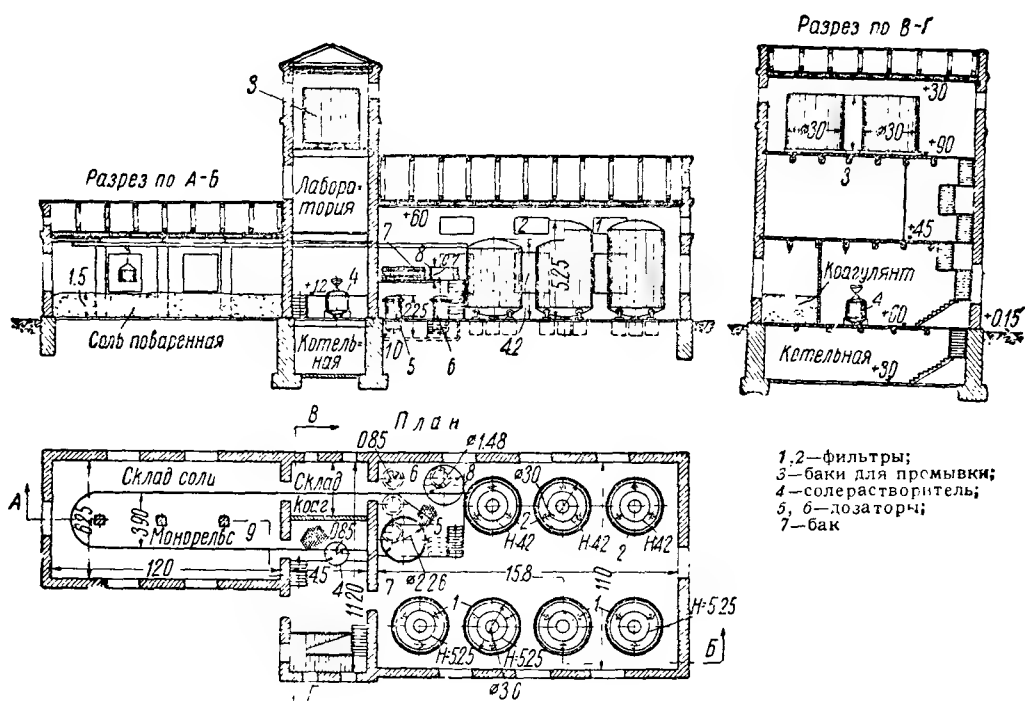
Наименование схемы	Производительность в м ³ /ч	Ориентировочная стоимость в руб.	Ориентировочная стоимость при замене сатураторов дозаторами в руб.	Примерные годовые эксплуатационные расходы в руб.	Ориентировочная стоимость 1 м ³ умягченной воды в коп.
Комбинированный метод известь-сода глауконит	50	300 000	287 000	167 000	40
	100	510 000	475 000	242 500	27,7
	200	830 000	767 000	07 000	24,2



Фиг. 481

Как следует из приведенных ориентировочных данных, стоимость обработки воды комбинированным методом выше стоимости обработки известково-содовым методом, однако разница в стоимости в отдельных случаях и для различных вариантов может быть различной, а преимущества комбинированного метода диктуют в целом ряде случаев целесообразность проектирования именно этого метода.

На фиг. 481, 482 показаны станции умягчения воды цеолитовым методом производительностью 100 м³/ч и цеолитовым методом с предварительной коагуляцией и фильтрацией через напорные кварцевые фильтры производительностью 100 м³/ч; по причинам, выясненным выше, этот тип станции на жел.-дор. транспорте может иметь весьма ограниченное применение.



Фиг. 482

Элементы автоматизации и дистанционного управления

Выше приводился пример станции умягчения с контрольно-измерительной аппаратурой. На ряде станций в промышленности контрольно-измерительная аппаратура внедряется, но на транспорте, к сожалению, этого пока еще нет.

На одной станции умягчения (при комбинированном методе) производительностью 50 м³/ч вода, подаваемая на распределитель, проходит через водмер и диафрагму, соединенную с прибором, указывающим расход в каждый момент. Температура воды, поступающей на водораспределитель, регистрируется при помощи особого термометра и записывается прибором. Регистрируются количество пара, подаваемое для подогрева воды, давление пара и температура (при помощи термометра сопротивления).

Температура воды после подогревателя записывается с использованием термомпары и гальванометра. Так осуществляется контроль за распределением и подогревом воды. Серьезный контроль поставлен на цеолитовых фильтрах. Измеряется и регистрируется количество воды, поступающее на каждый из цеолитовых фильтров. Установленные приборы указывают производительность в каждый момент, что дает возможность следить за работой фильтров. При помощи термомпары и гальванометра контролируется температура воды, идущей на фильтр. Приборы, установленные после фильтров, показывают количество умягченной воды; по разности показаний счетчиков, установленных в начале всей системы, перед поступлением воды на цеолитовые фильтры и после них, определяется расход воды на нужды предварительной обработки и далее на нужды пермутитовых фильтров.

Командо-аппарат для пуска насосов, дистанционные указатели уровня воды в баках и световая сигнализация дополняют контрольно-измерительную аппаратуру. Ряд регистрирующих приборов смонтирован на щите.

Насыщенность установок измерительной аппаратурой ведет к сокращению обслуживающего персонала и делает эксплуатацию установок более надежной.

Более широкому внедрению станций обработки воды в практику жел.-дор. водоснабжения и ускорению строительства должно способствовать изготовление стандартного оборудования, требующего лишь монтажа на месте готовых и размеченных на заводе частей.

ГЛАВА V

ВНУТРИКОТЛОВАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ¹

§ 25. Котловая вода

К каждой котловой воде предъявляются определенные требования в отношении щелочности, жесткости и содержания растворенных солей.

Мерой щелочности котловой воды служит натронное число NZ, которое вычисляют по содержанию в воде едкого натра и соды. Натронное число равно

$$\text{NaOH} + \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{4,5} \text{ мг/л}^*,$$

где NaOH — содержание едкого натра в мг/л;

Na₂CO₃ — содержание карбоната натрия в мг/л.

Натронное число устанавливается в каждом отдельном случае в зависимости от качества питательной воды, склонности ее к вспениванию и состояния котла и для большинства паровозов не превышает 200.

Жесткость котловой воды не должна быть выше 1,0 — 1,5 нем. гр.

Допустимая плотность котловой воды устанавливается в зависимости от давления в котле. Количество органических примесей не выше 500 мг/л по перманганату (анализ на окисляемость).

Содержание хлоридов не должно превышать 5 — 10-кратного количества по сравнению с питательной (тендерной) водой.

§ 26. Методы внутрикотловой обработки воды

Добавка различных химических веществ в котловую воду называется внутрикотловой обработкой.

Внутрикотловая обработка воды имеет своей целью создать такие условия выделения накипеобразователей в котле, которые обеспечивали бы отложение их не в виде твердой накипи, а в форме рыхлого осадка — шлама, удаляемого при продувках котла.

Внутрикотловая обработка применяется также для защиты металла котла от коррозии.

Средства, рекомендуемые для борьбы с накипью, весьма различны, большинство из них известно под названием антинакипинов.

В последнее время вопрос внутрикотловой обработки детально изучен и дано научное обоснование в отношении каждого из применяемых методов. В основном эти методы следующие:

- 1) химический и
- 2) коллоидно-химический.

¹ Глава V написана доц. Е. Ф. Тебенихиным.

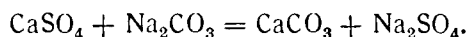
* Так как защитное действие 1 ч. NaOH, по данным Шплиттгербера, примерно соответствует 4,5 ч. Na₂CO₃, то при вычислении натронного числа для выражения его в NaOH найденное количество Na₂CO₃ делят на 4,5.

Химический метод основан на физико-химических процессах между реагентами, добавляемыми к воде, и накипеобразователями, в результате которых последние выделяются в виде шлама, удаляемого при продувках.

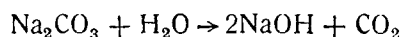
Означенный метод применяется к жестким водам, а равно и к водам, предварительно умягченным, с целью доумягчения их (коррекционный метод).

В качестве реагентов применяют кальцинированную соду Na_2CO_3 , едкий натр NaOH и тринатрийфосфат Na_3PO_4 .

При добавке к воде кальцинированной соды гипс переходит в карбонат кальция, который в присутствии некоторого избытка реагента выпадает не в форме твердой накипи, а в виде шлама

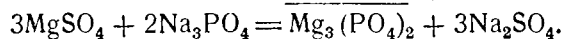
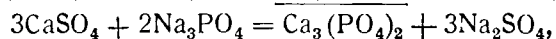
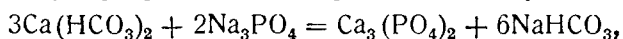


Применение соды пригодно лишь при давлениях до 15 ат, так как при более высоких давлениях (при соответственно высоких температурах) гидролиз соды



идет очень быстро и глубоко (при 20 ат около 80% соды оказывается гидролизованной). Поэтому для котлов, работающих при давлениях 15 ат и выше, с той же целью рекомендуется применять фосфат натрия как не обладающий указанным свойством.

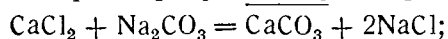
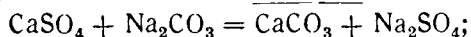
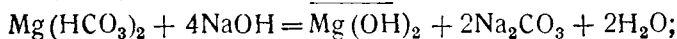
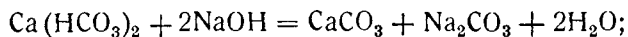
Реакция тринатрийфосфата с накипеобразователями протекает по уравнениям



Вследствие чрезвычайно малой растворимости фосфатов кальция и магния не только предотвращается образование новой накипи, но происходит превращение солей кальция и магния, ранее выделившихся в виде накипи, в высокодисперсные осадки фосфатов, которые удаляются при продувках.

Фосфаты могут служить хорошей защитой против коррозии благодаря образованию пленки фосфорнокислого железа.

При добавке к воде едкого натра реакции протекают по уравнениям



Из приведенных реакций видно, что роль едкого натра сводится к выделению накипеобразователей в виде карбоната кальция и гидрата окиси магния в присутствии некоторого избытка реагента, не прикипающих к стенкам котла.

Едкий натр может оказывать стабилизирующее действие на выделяющиеся накипеобразователи и тем обуславливать их выпадение в форме шлама.

Присутствие едких щелочей в некотором избытке, выражаемом натронным числом, в котловой воде может способствовать разрыхлению старой накипи и служить защитой от коррозии.

Коллоидно-химический метод основан на том, что различные коллоиды адсорбируют выделяющиеся нерастворимые частицы накипеобразователей или удерживают их (стабилизируют) в виде мельчайших частиц (коллоидальная дисперсия), препятствуя тем самым нормальному процессу кристаллизации и, следовательно, образованию накипи. При этом играют роль не только явления коллоидного характера, но и чисто химические процессы.

Примером адсорбционного действия служит действие коллоидного графита, мельчайшие частицы которого являются центрами кристаллизации накипеобразователей.

Стабилизирующее действие на частицы накипеобразователей оказывают такие коллоидные вещества, как желатина, таннаты, льняная эмульсия и др., которые изолируют выделяющиеся частицы пленкой и препятствуют их дальнейшему срастанию.

Коллоидный графит применялся как антинакипинное средство на жел.-дор. транспорте в 1929—1930 гг.; готовился из обычного графита и представлял густоватую жидкость черного цвета. Благодаря выявившимся отрицательным свойствам (коррозия при значительном содержании в воде хлоридов) он в настоящее время не применяется.

Ряд других веществ (льняная эмульсия, теннат железа) применялся в некоторых депо, но широкого распространения не получил.

Дубильные вещества, как, например, дубильный экстракт (получаемый из дубового корья), помимо антинакипинных обладают и антикоррозийными свойствами, связывая кислород. Добавленный в небольших дозах дубильный экстракт, кроме того, понижает вскипение воды.

§ 27. Антинакипинная смесь, применяемая на жел.-дор. транспорте

Современная антинакипинная смесь имеет следующий состав: тринатрий-фосфат, едкий натр (каустическая сода) и дубильный экстракт. Действие этой смеси на накипеобразователи в основном химическое, но отчасти и коллоидно-химическое. При добавке в котлы этой смеси новой накипи не образуется, а находящаяся в котле старая постепенно переходит в шлам. Эта смесь обладает в известной мере антикоррозийными свойствами.

Дозы отдельных компонентов устанавливаются в зависимости от общей жесткости воды, средней на тяговом плече.

Расчет средней жесткости производится с учетом количества набираемой воды. Например, в основном депо паровоз набирает 20 м³ воды общей жесткостью 18°, в обратном—15 м³ жесткостью 15°; на промежуточных пунктах в первом—5 м³ жесткостью 30°, во втором—7 м³ жесткостью 35°.

Средняя по плечу жесткость воды:

$$\frac{18 \cdot 20 + 30 \cdot 5 + 35 \cdot 7 + 15 \cdot 15}{20 + 5 + 7 + 15} = 20,8 \text{ нем. гр.}$$

На основе рассчитанной жесткости производят добавку антинакипина в дозах, указанных в табл. 11, уточняя последнюю в процессе эксплуатации.

Таблица 11

Дозы смеси на 1 т испаряемой воды¹

Общая жесткость питательной воды в нем. гр.	Фосфат натрия	Едкий натр	Дубильный экстракт
	В г на сухое вещество		
До 8	10	20	5
От 9 до 15	10	25	5
» 16 » 20	15	30	5
» 21 » 25	20	30	5
» 26 » 30	20	35	5
Выше 30	20	40	5

Указанные в табл. 11 дозы по сравнению с полученными на основе теоретических расчетов недостаточны, но, как показала практика эксплуатации, действие их эффективно. Объясняется это тем, что щелочи лишь частично расходуются на осаждение: присутствие их оказывает стабилизирующее действие на выделяющиеся накипеобразователи. В результате в котле даже образуется некоторый избыток щелочи, характеризующийся натронным числом.

Приведенные дозы рекомендуются для нейтральных и слабощелочных вод с натронным числом в котловой воде до 25. Если же натронное число до применения смеси составляет от 25 до 60, то каждый компонент прибавляется в коли-

¹ Инструкция НКПС по применению антинакипина в паровозных котлах — Т-802 от 16/VI 1937.

честве 10 г. При натронном числе выше 60 рекомендуется только один дубильный экстракт в количестве 20 г/т (как пеногаситель).

Учитывая, что данных от одной общей жесткости питательной воды еще не достаточно для точной дозировки смеси, окончательное количество ее следует устанавливать опытным путем на основе наблюдений за качеством котловой воды в процессе работы и состоянием паровозных котлов. Необходимо иметь в виду, что большой избыток антинакипинной смеси может обуславливать разъединение медных частей котла, вспенивание и унос котловой воды, недостаток же ее не обеспечивает надлежащего эффекта в отношении защиты котла от накипи и коррозии.

Приготовление смеси производится при каждой очередной заливке, при этом фосфат натрия отвешивают в сухом виде и помещают в ведро, куда приливают растворы каустической соды и дубильного экстракта. В соответствии с количеством набираемой воды в основных пунктах водоснабжения в тендер заливают определенное количество смеси до набора воды.

Для заливки антинакипина в пути на паровоз выдают уже приготовленную смесь в бидоне.

Как показал опыт внутрикотловой обработки, наиболее эффективные результаты могут быть получены при соблюдении следующих условий:

а) дозировка фосфатной смеси должна устанавливаться строго индивидуально в зависимости от качества питательной воды. Добавка смеси должна производиться пропорционально количеству набираемой воды;

б) продувки котлов, при которых удаляются выделяющиеся частицы шлама и механические загрязнения, должны быть учтены и производиться в согласовании с данными анализа котловой воды;

в) котловые воды должны подвергаться в депо в лаборатории регулярному химическому контролю (натронное число, хлориды, жесткость).

За сравнительно короткое время эксплуатации уже установлен определенный экономический эффект как в отношении увеличения межпромывочного пробега, так и сокращения течи труб, уменьшения простоя на ремонте и экономии топлива.

Тов. А. С. Огнев в бытность свою машинистом (депо Тула), применяя антинакипинную смесь, при соответствующем режиме продувок осенью 1936 г. на паровозе ФД № 1000 впервые установил межпромывочный пробег в 40 800 км.

Достигнутые гг. А. С. Огневим, П. Ф. Кривоносом и другими высокие форсировки и длительные межпромывочные пробеги стали образцом работы для многих передовых машинистов.

Машинист депо Тбилиси Закавказской ж. д. т. Циклаури, применяя огневско-кривоносовские методы работ, добился межпромывочного пробега 76 312 км. Машинисты депо Курск железной дороги им. Ф. Э. Дзержинского т. Кондратьев и Сердюков к 20-й годовщине ленинско-сталинского комсомола довели межпромывочный пробег своего паровоза до 66 000 км, сэкономив при этом 35,5 т угля. Машинист того же депо т. Ломакин на паровозе за 61 128-км межпромывочный пробег получил экономию 110 т угля.

Машинист депо Лихоборы Московско-Окружной ж. д. т. И. И. Богданов зимой 1938/39 г. на паровозе проработал без захода в депо 135 суток, пробежав 25 000 км; за это время его паровоз сэкономил 100 т угля.

В энергетической промышленности присадка котловой воде фосфатов и щелочи практикуется при питании стационарных котлов дистиллатом и конденсатом с целью защиты их от коррозии, а также с целью доумягчения питательной воды¹.

В практике заграничных железных дорог (США) внутрикотловая обработка также находит применение, причем признается экономически выгодной для вод с жесткостью примерно до 8 нем. гр.; для более жестких вод—умягчение. В состав смесей в зависимости от качества обрабатываемой воды применяется фосфат натрия, кальцинированная сода, алюминат натрия, каустик и танин.

¹ Внутрикотловая обработка стационарных установок применяется также и на жел.-дор. транспорте.

Добавка смеси производится на промежуточных пунктах набора воды между станциями, где работают водоумягчители, или непосредственно в паровозный котел при помощи специального бачка, или чаще всего в питательную воду в путевых водоемных баках, из которых она непосредственно подается на паровозы.

Добавка реагентов на ряде таких установок производится автоматически при помощи насоса, приводящегося в действие от турбинки, или водяного мотора, через который проходит поступающая в бак вода.

Добавка смеси иногда производится здесь (США) при помощи особых «питателей», герметически закрытых, загружаемых химикалиями в сухом спрессованном виде. Струя воды притекает в бачок, растворяет сухое вещество и поступает далее в водяной бак.

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВРЕМЕННЫЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ГЛАВА I

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

§ 1. Структура управления водоснабжением и организация эксплуатации

Общее руководство жел.-дор. водоснабжением осуществляется в центре отделом водоснабжения Центрального управления паровозного хозяйства НКПС, а в управлениях дорог — отделами водоснабжения паровозных служб.

Центральный отдел водоснабжения и отделы водоснабжения при управлениях дорог ведают:

- 1) разработкой и проведением в жизнь всех вопросов и работ по эксплуатации водоснабжения жел.-дор. станций и населенных пунктов при них;
- 2) наблюдением за состоянием сооружений и оборудования водоснабжения;
- 3) ремонтом сооружений, водопроводной сети и оборудования водоснабжения;
- 4) разработкой планов реконструкции и усиления технического и питьевого водоснабжения;
- 5) организацией изысканий в связи с реконструкцией существующих водоснабжений;
- 6) рассмотрением проектов новых и реконструкции существующих водоснабжений;
- 7) наблюдением за новым строительством.

Для наиболее успешного осуществления поставленных задач отделы водоснабжения должны возглавлять и направлять стахановское движение и воспитывать кадры.

В круг ведения отделов водоснабжения в НКПС и паровозных служб дорог не входят вопросы внутреннего оборудования зданий, снабжение водой разъездов и пр., не имеющих механизированных устройств для подачи воды.

Отделы водоснабжения при паровозных службах дорог осуществляют непосредственное руководство всей работой по обеспечению бесперебойности водоснабжения в пределах дороги через начальников частей водоснабжения при отделениях паровозного хозяйства и соответствующий персонал, находящийся в ведении последних. Решение вопросов питьевого водоснабжения обязательно согласовывается с органами санитарного надзора.

Вследствие большого разнообразия условий и объема работы отдельных объектов жел.-дор. водоснабжения, разбросанных по всей сети железных дорог СССР, общей структуры, одинаковой для всех объектов водоснабжения при отделениях паровозного хозяйства, не установлено.

Схема распространенная, но не типовая. В ряде пунктов водоснабжения, имеющих водоумягчитель, работой последнего руководит не химик, а машинист (следовало бы назвать заведующий водоумягчителем — он осуществляет руководство работой умягчителя и насосной станции). При подвозке воды на пункт водоснабжения в штат вводятся проводники вагонов и т. д.

При наличии значительного количества водоумягчителей в штат отдела водоснабжения дороги вводится инженер по водоподготовке.

Жел.-дор. водоснабжение должно работать без малейших перебоев. Прекращение работы одного из его элементов может повлечь за собой прекращение подачи воды, нарушение графика движения поездов и работы заводов, депо и пр.

Представляя собой комплексное устройство, все элементы которого должны работать исправно и с достаточной точностью, жел.-дор. водоснабжение требует самого тщательного и систематического ухода, регулярных и своевременных ремонтов.

§ 2. Пути повышения пропускной способности водоснабжения

Основными элементами, влияющими на пропускную способность водоснабжения, являются: дебит источника, мощность механического оборудования и расход напорных линий. На пропускную способность водоснабжения влияет производительность гидроколонн, зависящая от их диаметра, развития (и диаметров) разводящей сети, от высоты и удаленности напорного резервуара. Большое значение имеет качество воды. При неудовлетворительном качестве воды требуется больший ремонт паровозов и, следовательно, большее их количество.

Повышение пропускной способности водоснабжения должно быть предметом особого внимания и может быть достигнуто путем правильной постановки эксплуатации, проведения капитальных работ и мерами временного характера.

При недостаточности дебита поверхностного источника мерами повышения дебита могут быть очистка русла, постройка плотин и т. д.

Для источников, питающихся атмосферными водами и наполняющихся главным образом во время весенних паводков, мерами к увеличению запаса воды могут быть: устройство новых и наращивание существующих плотин (при достаточности питающего бассейна), очистка водоемов от ила, устройство зеленых насаждений и укрепление грунта (размываемого потоками стекающей воды) в отдельных местах водосборной площади и т. д.

В ряде пунктов водоснабжение основано на заборе воды из озер, имеющих огромную поверхность зеркала и очень незначительную глубину. После весеннего паводка примерно до середины лета эти озера имеют довольно большой объем воды, но вследствие большой площади испарения и малой глубины к концу лета запас воды значительно снижается, а с наступлением зимы озера промерзают до дна.

Во избежание перерыва в водоснабжении на станциях, снабжающихся водой из таких источников, устраиваются иногда котлованы емкостью в десятки тысяч кубических метров. Весной или в начале лета эти котлованы наполняются водой из соседнего озера, а в зимнее время после промерзания озер служат основным источником водоснабжения. При использовании подземных источников дебит их иногда может быть увеличен без особо больших затрат.

При недостаточной производительности механического оборудования насосных станций для временного повышения пропускной способности впредь до осуществления работ по расширению иногда практикуется форсированная работа насосных агрегатов, работа резервных агрегатов и т. д. Это налагает особые требования к надзору за работающими агрегатами. Правильной мерой является своевременная замена агрегата на более мощный. Однако в ряде случаев агрегаты не используются полностью.

При определении пропускной способности необходимо принимать 23 часа работы агрегата при двойном оборудовании, 23 часа работы двух агрегатов при трехкомплектном оборудовании. Необходима соответствующая форсировка котлов (паровое оборудование) и т. д. Необходимо практически проверить максимальную производительность, которую можно получить на данной установке, и принять меры к прекращению излишнего расхода воды из кранов, трубопроводов для охлаждения двигателей и т. д.

При двух одинаковых напорных линиях определение пропускной способности напорных линий производится при работе одной линии, при разных диаметрах — при работе большей, при наличии переключений расчет ведется на обе линии без одного участка переключения.

Увеличение пропускной способности напорной линии связано с повышением скорости в ней и давления. Скорость движения воды, как правило, можно допустить не более 3 м/сек с тем, чтобы давление не превышало допускаемого для данных труб. Заблаговременно подготовив рабочую силу и все материалы, необходимые для быстрой ликвидации возможных прорывов, постепенно повышают давление в напорной линии до требуемого. Это мероприятие можно проводить только при применении всех мер предосторожности, устраняющих возможность перерыва водоснабжения. Испытание линии на повышенное давление должно производиться при заполненных резервуарах и по возможности в часы минимального водоразбора.

В тех случаях, когда напорная линия загрязнена или находится в неудовлетворительном состоянии, значительный эффект могут дать промывка и капитальный ремонт линии. При наличии на данном пункте двух или трех напорных линий, не имеющих переключений, пропускная способность может быть увеличена путем устройства переключений между линиями. Как уже указано, имея такие переключения, можно вести расчет на работу всех напорных линий без одного участка, так как при аварии трубопровода выключается не целиком вся напорная линия, а лишь тот участок между переключениями, на котором произошла авария.

Если проведение указанных мероприятий (повышение скорости и давления, промывка линии, устройство переключений и т. д.) не обеспечит полностью необходимой пропускной способности, то осуществляется прокладка новой напорной линии. В некоторых случаях вместо прокладки дополнительной напорной линии большой длины, стоимость которой весьма значительна, может явиться более рациональным устройство на станции запасного резервуара большой емкости (на двое суток). Этот резервуар, пополняемый в часы минимального водоразбора, даст возможность иметь на станции постоянный запас воды, достаточный для снабжения станции на время ликвидации аварии на напорной линии или на головных сооружениях.

Увеличение производительности гидроколони достигается главным образом путем переделки части линии разводящей сети на линии большого диаметра и путем кольцевания сети, т. е. подвода воды к колонке с двух сторон, иногда путем наращивания водонапорных башен с установкой в них дополнительных баков для воды и путем постройки вблизи колонок ускорителей. Некоторое увеличение пропускной способности водоснабжения участка может быть достигнуто введением временного ограниченного набора воды на пункте недостаточной мощности водоснабжения с учетом соседних (более мощных) пунктов водоснабжения. Эта мера может приниматься лишь в исключительных случаях, так как может повлечь за собой нежелательные последствия (если некоторые машинисты будут стараться набрать полный тендер воды, то паровозы, прибывающие вслед, могут остаться без воды); поэтому на определенный период здесь необходимо круглосуточное дежурство водоливов. При введении такого ограниченного набора воды требуются неослабное наблюдение и принятие мер, полностью гарантирующих бесперебойность работы соседних пунктов водоснабжения, за счет которых введено ограничение набора воды, ибо паровозы прибывают на эти пункты с минимальным запасом воды и самый незначительный перебой в их работе может привести к нарушению графика.

Жел.-дор. водоснабжение располагает значительными неиспользованными резервами для повышения пропускной способности. Сюда относятся:

- 1) правильное и полное использование мощности оборудования и устройств (работа при наилучших к. п. д. агрегатов, правильном числе оборотов двигателей, необходимом давлении пара, правильной подаче топлива для двигателей внутреннего сгорания, увеличенной скорости фильтрации и т. д.);

- 2) улучшение обслуживания устройств (содержание в исправности водозаборных и прочих сооружений и устройств, содержание в должном состоянии загроможденных в фильтры фильтрующих материалов, своевременная и правильная заброска топлива в котлы и питание котлов водой, регулирование тяги, очистка котлов, своевременный предупредительный ремонт, правильный уход за оборудованием);

3) уменьшение расхода топлива и энергии (правильная организация и содержание складов топлива и хранения, выгрузки, перегрузки его и пр., устройство изоляции паропроводов, паровых цилиндров и пр., правильное обслуживание топки, применение антинакипинов, подогрев питательной воды, правильное содержание парораспределительных устройств, устранение пропусков пара и утечки воды, работа на наиболее выгодных участках кривой ζH центробежных насосов и т. д.);

4) изучение технологического и гидравлического режимов работы сооружений по обработке воды в целях максимального их использования, а также в целях рационализации технологического процесса, снижение расхода воды на собственные нужды станции (промывка и пр.) и еще целый ряд больших и малых мероприятий, очень важных для бесперебойности работы и увеличения пропускной способности водоснабжения.

Дальнейшее развитие и улучшение работы жел.-дор. водоснабжения должно идти по следующим направлениям:

1) обеспечение безаварийной и бесперебойной работы насосных станций, сооружений для обработки воды и сети со всеми устройствами;

2) улучшение физико-химических и бактериологических (питьевая вода) свойств воды (прозрачность, цветность, жесткость, окисляемость, титр коли и пр.) — борьба за качество воды;

3) улучшение гидравлического режима работы сети (мероприятия против гидравлических ударов и т. д.);

4) дальнейшее вскрытие неиспользованных мощностей и повышение производительности оборудования и отдельных сооружений водоснабжения;

5) рационализация технологического процесса (умягчение воды, обезжелезивание и т. д.);

6) снижение удельных расходов энергии, топлива, реагентов, при мывной воды и пр.; снижение процента утечки воды;

7) повышение качества планово-предупредительного и текущего ремонта; своевременная подготовка сооружений к работе их в зимних условиях. Особое внимание следует уделить внедрению механизации на водопроводных работах и на эксплуатации водопроводных сооружений (подача топлива, реагентов и пр.).

§ 3. Надзор за источниками и работой водоприемных сооружений

Не реже одного раза в три месяца начальником отделения паровозного хозяйства производится осмотр источников водоснабжения, водокачек, гидроколонн, водонапорных резервуаров.

Наблюдения за источниками и водозаборными сооружениями. Одним из основных элементов жел.-дор. водоснабжения, от состояния которого в первую очередь зависит нормальная работа пункта водоснабжения, является источник; большое число длительных перебоев в водоснабжении железных дорог было связано с источниками водоснабжения. Высыхание источника летом, вымерзание его зимой, резкое падение уровня воды в межень, отход русла реки от водоприемных сооружений — причины, которые приводили иногда к длительному прекращению работы водоснабжения, вызывая необходимость подвоза воды за десятки километров и набора воды на вспомогательных пунктах водоснабжения. За источниками водоснабжения, за их режимом необходимо вести постоянное наблюдение.

Испытание ненадежных источников или источников с недостаточным дебитом производится не реже двух раз в год. Мощные и вполне надежные источники периодических испытаний не требуют.

Методы и время испытания источников намечаются и указываются начальником отдела водоснабжения дороги в соответствии с родом источника и местными условиями. Самые испытания ведутся под руководством начальника части водоснабжения отделения паровозного хозяйства.

В акте испытания указываются:

1) дата испытания;

- 2) наименование пункта водоснабжения;
- 3) название источника;
- 4) метод испытания источника;
- 5) дебит источника.

При испытании источника водоснабжения и определении степени обеспечения им потребностей в воде того или иного пункта следует иметь в виду не только потребность текущего года, но и перспективы на будущее.

Пруды и водохранилища, служащие источниками водоснабжения, должны периодически очищаться от скопляющегося в них ила; в противном случае имеет место уменьшение емкости, а загнивание органических веществ (скопляющихся в пруде) ведет к ухудшению качества воды, делая ее мало пригодной или совсем не пригодной для использования.

Очистка прудов и водохранилищ может производиться ручным способом (черпаками) и механизированным при помощи дноуглубительных снарядов (землечерпалок, землесосов и т. п.). Очистка водохранилища ручным способом в зависимости от местных условий может производиться с выпуском воды и без выпуска. Ручной способ обычно требует затраты больших средств и времени, а выпуск воды в некоторых случаях может быть связан с прекращением водоснабжения и являться менее желательным. Механизированная очистка более эффективна.

Следует уделять серьезное внимание некоторым мероприятиям, уменьшающим заиливание и загрязнение водохранилища. К числу таких мероприятий могут быть отнесены: запрещение запашки земли в определенных границах, устройство зеленых насаждений, травосеяние, те или иные устройства в балках, выходящих в водохранилище, обуславливающие уменьшение скоростей движения воды (фашинные перепады, плетни и т. д.).

Серьезным вопросом при эксплуатации водохранилища является своевременное проведение описанных ранее мероприятий по борьбе с цветением воды.

Особое внимание при эксплуатации водоснабжения должно уделяться водозаборным сооружениям, отличающимся часто значительной стоимостью и сложностью постройки и эксплуатации. Расположенные в значительной своей части под водой при отсутствии ухода за ними и запущенности, эти сооружения под действием воды и льда могут разрушаться. Восстановление их обычно затруднительно и зачастую сопряжено с необходимостью длительного перерыва в их работе или (редко) с необходимостью постройки новых водозаборных сооружений.

Необходим тщательный надзор за работой водозаборных сооружений, особенно в зимнее время и в период паводка, и своевременный ремонт по обнаружении дефектов. Необходима своевременная околка льда у водоприемных оголовков, свай и т. д.

Водозаборные сооружения нуждаются в систематической очистке их от ила. Очистка должна производиться в первую очередь после паводков, а в остальное время года — в зависимости от количества ила. Скопление ила в колодце может отражаться на качестве воды. Кроме того, ил может вместе со всасываемой водой попадать через насосы в напорную линию.

Удаление ила из колодцев может производиться вручную, при помощи черпаков или при помощи эжектора. Последний способ, требующий незначительного времени и дающий значительно лучший эффект, должен получить самое широкое распространение.

Самотечные открытые галлерей очищаются вручную.

Самотечные линии, состоящие из труб, промываются током воды. Перед промывкой закрывают задвижку на самотечной линии и прекращают доступ воды в береговой колодец из источника. Насосами насосной станции понижают уровень воды в колодце насколько позволяет расположение всасывающего клапана и затем быстро открывают задвижку на самотечной линии. Вследствие значительной разницы уровня воды в источнике и в колодце вода с большой скоростью устремится в колодец и смоем находящиеся в самотечной линии осадки.

Более совершенной является промывка самотечной линии обратным током воды из напорного трубопровода или водой, подаваемой насосом под значительным напором; ил, водоросли и пр. при этом хорошо смываются.

§ 4. Уход за плотинами

Большое число водоснабжений на жел.-дор. транспорте имеет плотины для накопления запасов воды или повышения уровня воды в источнике, поэтому правильная эксплуатация плотин, содержание их в удовлетворительном состоянии и работа их во время паводка, ледостава, ледохода и пр. являются очень важными для бесперебойности водоснабжения.

Встречаются случаи повреждения земляных плотин во время паводков и ледохода, случаи сильной фильтрации через тело плотины и т. д.

Для правильной эксплуатации необходим ряд данных по плотине и водоему, месте расположения плотины, о водозаборных сооружениях и насосной станции с указанием границ затопления паводками и пр., отметки наивысшего и наименьшего уровней воды; данные о питании водоема, о грунтах, о проходе высоких вод, ледоставе, ледоходе, заиливании, произведенных очистках и ремонтах. Необходимы чертежи и описание плотины.

Уход за плотинной должен состоять из:

- а) повседневных наблюдений;
- б) периодических осмотров;
- в) подготовительных работ к пропуску паводков;
- г) своевременного ремонта, особенно после паводка.

Во время осмотров плотины отмечается состояние самой плотины, откосов (важно, чтобы не было сползания откосов), водоспуска и водослива; обращается внимание на отсутствие просачивания воды, на состояние каменной или иной кладки, затворов водоспуска, приспособлений для их подъема и т. д.

Обращается внимание на сброс воды, поступающей выше подпорного горизонта, на возможность затопления гребня земляной плотины, ибо перелив воды через гребень земляной плотины разрушает плотину, и т. д.

В новых плотинах следует особое внимание обращать на возможность фильтрации в элементах сооружения, где соприкасаются разнородные материалы. Необходимо следить за местами сопряжения тела плотины с берегами, водоспускными и водопускными сооружениями и т. д.

Повседневное наблюдение за состоянием берегов должно предупредить повреждение их, обвалы, размывы, загрязнения. Необходимо следить за уровнем воды (по рейке), отмечая таковой в журнале (особенно во время полых вод и ливней).

Правильная эксплуатация плотин требует срочного удаления обнаруженных повреждений и неисправностей.

Периодические осмотры должны производиться весной до прохода полых вод, летом перед обычно наступающим периодом ливней, в конце осени до ледостава, а также после больших паводков, сильной подвижки льда и т. д.

Необходимо периодическое обследование вышележащих плотин. Прорывы вышележащих плотин могут повлечь за собой разрушение нижележащей плотины жел.-дор. водоснабжения. Иногда необходимо производить очистку оголовков водозаборных сооружений или самого водоема с использованием водоспускных устройств (при обеспечении снабжения водой паровозов из резервных устройств или на соседнем пункте водоснабжения, как об этом частично уже указывалось). Большое значение для предупреждения выноса в водоем загрязняющей его взвеси имеют работы по укреплению склонов и промоин кустарником, плетнями и пр.; по той же причине не следует допускать на крутых склонах вблизи водоема снятие дернового покрова, распахивки и пр.

Подготовка плотины к пропуску полых вод. Подготовка плотины к пропуску полых вод — один из ответственных моментов эксплуатации. Ее следует начинать примерно за месяц до намечающегося начала прохода этих вод. Сведения об ожидаемых сроках подвижки льда, половодья и ожидаемом подъеме воды в водоеме должны получаться от жел.-дор. или иных организаций, ведущих гидрометеорологические наблюдения. До наступления половодья необходимо организовать и инструктировать бригаду, на обязанности которой лежат подготовка к пропуску вод и работа во время пропуска вод.

Подготовка к пропуску вод заключается в очистке от снега гребня и откосов дамбы земляной плотины, в околке льда у свай ледорезов и пр., в колке льда для предотвращения образования ледяного затора и в отдельных случаях — в организации соответствующих подрывных работ; кроме того, очищаются от снега водосливные и водоспускные устройства, приводятся в порядок щиты, шандоры, механизмы для управления ими и пр., исправляются замеченные повреждения и неисправности, заготавливается необходимый материал: доски, бревна, камень, мешки и инструменты.

Работа во время пропуска вод состоит в дежурстве на плотине, наблюдении за проходом вод, подъеме щитов, а при опасности перелива воды через гребень земляной плотины — в повышении гребня плотины укладкой мешков с землей, укладкой досок с подсыпкой земли и т. д.

При намечающемся размыве плотины нужно защищать тело плотины от дальнейшего разрушения мешками с землей или иными средствами.

Те же работы выполняются и при пропуске ливневых паводков (кроме работ по околке льда и очистке снега).

После паводка необходимо осмотреть все устройства и по обнаружении повреждений произвести ремонт и исправления гребня дамбы и откосов плотины, водоспускных, водосливных и прочих устройств, трещин, выявившихся в сопряжении, например, каменных частей сооружения с земляными дамбами, и т. д.

Для ликвидации прорыва в земляной плотине в отдельных случаях может понадобиться устройство временной перемычки, для чего впереди плотины на расстоянии 0,5 м друг от друга забиваются колья, укладываются мешки с грунтом, далее вновь засыпаемые грунтом.

§ 5. Эксплуатация сети. Борьба с утечкой воды

На каждой жел.-дор. станции должен быть план наружной сети с обозначением длин, диаметров и материала труб, мест установки гидроколонн и настенных кранов, водозаборных колонок, перронных и других кранов и пожарных гидрантов с указанием ответвлений в депо, здания и т. д.

При наличии на сети переходов под полотном железной дороги, галлерей, кожухов, дюкеров и т. д. последние показываются на чертеже сети и на отдельных чертежах. Кроме нанесения узлов и колодцев на чертеже сети должны быть отдельные чертежи по каждому узлу с показанием всех задвижек, фасонных частей, водомеров и пр.

При наличии раздельных — питьевого и технического — водоснабжений на плане должны быть нанесены обе сети (различно обозначенные). Если отдельные участки сети работают в особых условиях (подвержены затоплению, проложены на специальном основании, замерзают при низкой температуре), то это должно быть особо обозначено.

При наличии питьевой и технической сети соединение между ними, как правило, не допускается.

Уход за водопроводной сетью состоит: в ежедневных наблюдениях за ней и мелких ремонтах, в систематической плановой проверке исправности и ремонте отдельных элементов сети, арматуры и пр., проводимых 3 — 4 раза в течение года (особенно весной и осенью перед подготовкой к зимним условиям работы), в борьбе с утечками и непроизводительными расходами, в своевременной промывке и прочистке трубопроводов, а также в самой подготовке сети к зимним условиям работы.

Повседневное наблюдение за сетью осуществляется при обходе отдельных участков линий, осмотре поверхности земли, колодцев и арматуры. Ведутся наблюдения за работой гидроколонн (время набора воды паровозами), наблюдения за работой насосов (при прорывах на сети манометр изменяет показания) и т. д.

При повреждении труб на поверхности земли в колодцах и близко расположенных канавах может появиться вода; иногда при соответствующих рельефе и грунтах вода появляется на некотором расстоянии от места прорыва вследствие, например, просачивания в грунт. Просачивание воды из поврежденной трубы

следует отличать от попадания грунтовой воды в водопродные колодцы; для этого необходимо хорошо знать обычное состояние колодцев, грунты, грунтовые воды и все местные условия.

К числу неисправностей и повреждений на сети относятся трещины и раковины в трубах и раструбах, расстройство раструбов (заделка) и фланцевых соединений (ржавление болтов) и неисправности задвижек (не вращаются, плохо закрываются), воздушных вантузов (не выпускают воздух), предохранительных клапанов (не открываются при определенном давлении) и водомеров (механизм сработался или загрязнен и дает неправильные показания).

Особое место занимают всасывающие линии; здесь может быть неисправным клапан (пропускает воду) или какое-либо соединение труб (пропускает воздух при работе насоса).

Требования бесперебойности водоснабжения делают необходимым срочное выполнение ремонта сети в соответствии с замеченными неисправностями. Последний в некоторых случаях требует предварительного выпуска воды из линии, а в иных — значительных земляных работ для отыскания места повреждения, часто не совпадающего с местом выхода воды после прорыва наружу; далее проводится самый ремонт (смена трубы или вырубка части ее, заделка стыка).

Гидроколонна, настенный кран и пожарный кран требуют в эксплуатации особого внимания. Необходимо обеспечить легкость вращения стояка гидроколонны с хоботом и настенного крана, надежность крепления и исправность фундаментной плиты, опорного подшипника и уплотняющего сальника, исправность печи с кожухом у гидроколонны и т. д. Задвижки и приспособления для выпуска воды из гидроколонны, предохранительный клапан и т. д. должны быть в исправном состоянии. Сигнальные фонари на гидроколонне и настенном кране должны быть всегда исправны и своевременно зажигаться и тушиться.

Производительность гидроколонны и настенного крана и время набора воды могут периодически проверяться при помощи замера уровня воды в баке водонапорной башни. Но такой замер при утечке в разводящей сети может дать неверные результаты, поэтому следует рекомендовать определение производительности гидроколонны по калиброванному тендеру.

Периодическая проверка наружных (и внутренних) пожарных кранов производится по согласованию с органами пожарного надзора.

Проверка исправности пожарных гидрантов состоит в осмотре самих кранов с целью выявления необходимого ремонта и в выпуске через них воды при нормальной работе сети и наблюдении за мощностью получаемой струи.

Рекомендуется обязательный обход сети после таяния снега, в конце осени в связи с подготовкой сети к зимней работе, а также в начале зимы до покрытия мест прокладки снегом.

О всех неисправностях должны быть сделаны соответствующие записи вместе с отметками о необходимых ремонтах и сроках их выполнения и особо указаны случаи замерзания, аварий, повреждений и т. д.

Б о р ь б а с у т е ч к о й в о д ы . О п р е д е л е н и е г е р м е т и ч н о с т и с е т и

Герметичность сети — одно из основных требований надежности ее работы. Утечка воды при нарушении герметичности при внешних осмотрах мест прокладки может быть не обнаружена. Периодически герметичность и размер утечки могут быть устанавливаемы в результате соответствующих испытаний.

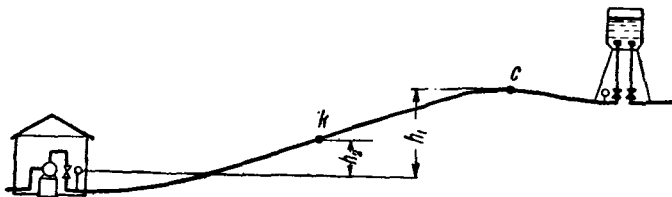
Испытание всасывающей линии на герметичность проще всего произвести путем опрессовки линии небольшим давлением (в 2 — 3 ат), осуществляемой ручным гидравлическим насосом. При этом на всасывающей линии должен быть установлен манометр (вакуумметр снят или закрыт его краник) и предварительно проверен приемный клапан. Если последнее не выполнено, опрессовка покажет исправность всасывающей линии вместе с приемным клапаном или просачивание воды в них. В открытых для осмотра местах герметичность всасывающего трубопровода может быть проверена при работе насоса приближением небольшого пламени (спички, свечи) к соединениям труб и фасонных частей. При

отсутствии герметичности в соответствующих местах засасывается воздух и это легко обнаруживается по отклонению пламени.

При профиле, представляющем подъем к водонапорной башне, герметичность напорной линии может быть проверена по манометру у насоса при прекращении его работы и выключении всей разводящей сети и отдельных ответвлений; размер утечки, если она значительна, может быть определен по падению уровня воды в баке водонапорной башни или по падению давления, показываемого манометром.

При профиле согласно фиг. 483 проверка может основываться на показаниях манометров у насоса и башни (отключенной). Например, при выключении насоса и башни манометр у насоса показывает статическое давление h_1 , при наличии утечки показания манометра через некоторый промежуток времени h_2 . В течение времени наблюдения вода ушла к точке k , которая находится на профиле. Измерив соответственную длину участка и зная диаметр труб, определяют объем ушедшей воды.

Указанные испытания возможны после предварительной проверки плотности задвижек. В последнем убеждаются или прослушиванием задвижек или по отсутствию за закрытой задвижкой истечения воды из водоразборных или иных кранов. Указанные определения утечки не могут быть точными, потому что при работе насоса он развивает напор больше статического, следовательно, и величина утечки в этом случае будет большей.



Фиг. 483

При прорыве напорных линий с большим давлением, это может быть обнаружено на некотором расстоянии от места прорыва в результате детального осмотра места укладки линий. Таким образом, детальный наружный осмотр поверхности земли в местах укладки напорных линий позволяет обнаружить прорыв. В водопроницаемых грунтах это, естественно, невозможно. Иногда осмотр канализационных колодцев приводит к выводу об утечке из близрасположенной водопроводной трубы (в колодце наблюдается чистая вода).

Герметичность и утечка на отдельных участках разводящей сети могут быть определены при отключении напорной линии от бака башни и прекращении отпуска воды потребителям (вообще это возможно в редких случаях). Чаще утечка определяется при выключении потребителей по водомерам, также предварительно проверенным.

Разность показаний двух водомеров дает утечку на участке сети за время испытания, но так как чувствительность водомеров при прохождении через них малых струй незначительна (потребитель выключен, имеет место лишь утечка воды на испытуемом участке) и всякий водомер дает некоторую ошибку в показаниях, то способ этот не дает совершенно правильных результатов. Необходимо пользоваться в таких случаях комбинированными водомерами, учитывающими также и малые струи.

Определяя манометрами давления в последовательных точках линии и учитывая при этом изменения рельефа, можно также обнаружить утечку (места с резко понижающимся давлением).

При испытании потребители должны быть выключены. Существуют методы определения мест утечки (нарушение герметичности сети) приборами, действие которых основано на явлениях акустики (геофон, статоскоп). Приборы эти на жел.-дор. транспорте в СССР распространения не получили.

§ 6. Учет воды

Вода для технических и хозяйственно-питьевых нужд требует значительных материальных затрат по строительству и эксплуатации сооружений для ее приема, подъема, обработки и распределения. Согласно потребности выбираются источники и проектируются сооружения. Нормы учитывают лишь необходимый расход и в случае большого непроизводительного расхода, бесконтрольной траты воды и т. д. помимо нежелательных и недопустимых материальных потерь отдельные потребители воды могут быть поставлены в чрезвычайно тяжелое положение.

Вода представляет материальную ценность и требует строгого учета ее. Измерение расхода воды производится при помощи водомеров различных систем.

Установка водомеров на сооружениях и у потребителей всегда ведет к снижению расходов воды, так как только этим способом можно установить утечку воды или ничем не оправдываемый расход и устранить их. Если необходимость установки водомеров у потребителей достаточно осознана, то учет перекачиваемой воды насосной станцией и учет сырой и обработанной воды на станциях обработки воды далеко не всегда осуществляются. Подача воды насосами жел.-дор. насосных станций учитывается часто неправильно: по характеристике насосов, по расходу электроэнергии, по уровням воды в резервуаре, по числу оборотов и двойных ходов насосов и т. д.

Совершенно ясно, что такой способ учета не может привести к желаемой цели. Необходима установка водомеров у потребителей, на каждой насосной станции, станции для обработки воды независимо от их величины и производительности.

Испытательные станции для водомеров. Устанавливаемые водомеры снабжаются паспортом, составленным на основе испытания на заводской испытательной станции, и поэтому обычно не вызывают сомнения в точности учета при их установке. Однако с течением времени водомеры уменьшают точность показаний. Необходимы постоянный контроль, наблюдение и регулярная проверка водомеров. Для малых водомеров (до 40 мм) эта проверка производится не менее одного раза в 3 года, для больших — один раз в 1 — 1½ года. Проверку производят на специальных испытательных станциях.

Для водопровода с большим количеством водомеров такая испытательная станция является совершенно необходимой. Пропускная способность станции должна соответствовать количеству водомеров, подлежащих испытанию.

При испытательной станции должны быть предусмотрены ремонтная водомерная мастерская, склад для водомеров и запасных частей.

На испытательных станциях размеры бака, стола, диаметр трубопроводов и пр. устанавливаются в зависимости от типов и калибров испытываемых водомеров. Испытуемый водомер закрепляется специальным зажимным приспособлением на испытательном столе. Проверка ведется сравнением фактического расхода, определяемого приборами, с показаниями водомера.

§ 7. Очистка, промывка и дезинфекция труб

В зависимости от качества воды, скоростей движения воды в трубах сети и начертания сети (кольцевая, тупиковая) внутренняя поверхность труб может в большей или меньшей мере покрываться осадками, рыхлыми или твердыми отложениями и т. д., при этом увеличивается потеря напора, уменьшается пропускная способность.

Обычно, при наличии значительного количества взвешенных веществ и малых скоростях движения, в трубопроводах отлагаются осадки.

Известны случаи, когда сечения трубопроводов в короткие сроки резко уменьшались (например в результате деятельности железобактерий в воде, содержащей железо). В жел.-дор. водоснабжении после умягчения воды содовозвестковым способом трубопроводы часто загрязняются вследствие довыпадения в них осадков. Сказанное приводит в ряде случаев к необходимости перио-

дической очистки и промывки сети, а для сети питьевой воды — еще и к последующей дезинфекции ее.

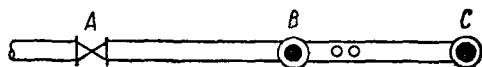
Рыхлый осадок может быть промыт при движении воды с большими скоростями и при движении в обратном направлении. Первое достигается включением всех насосов в работу, выключением всех напорных линий кроме одной промываемой, выключением ряда участков разводящей сети и выпуском воды через отдельные грязевики, пожарные гидранты, корпуса задвижек (верхняя часть и клин задвижки при этом снимаются) и т. д.

Движение воды в обратном направлении может быть осуществлено в напорном водоводе обратным током воды из бака водонапорной башни с выпуском воды по особому трубопроводу, предусматриваемому для этой цели в насосной станции. О промывке следует известить потребителей и в отдельных случаях принять меры к прекращению разбора воды из тех или иных участков сети, так как промывка может вызвать резкое ухудшение свойств воды в определенных участках в течение небольшого промежутка времени (со стенок труб смываются осадки).

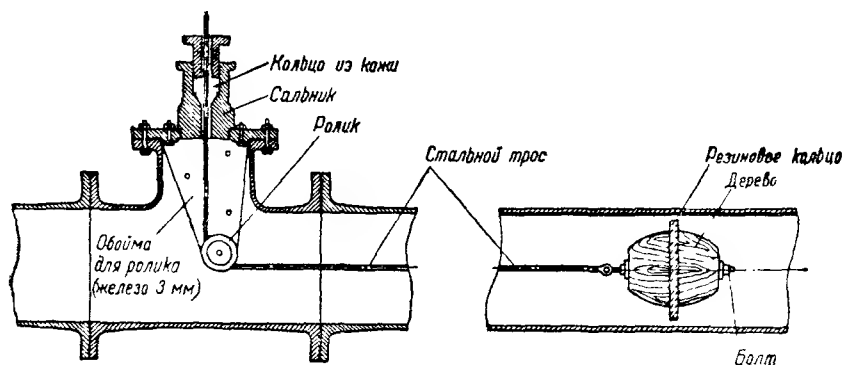
При несколько более твердом осадке или при невозможности получить достаточно большие скорости, промывка может производиться током воды с ледяными шарами диаметром на 15 — 20 мм меньше диаметра трубы.

На фиг. 484 показана схема такой промывки, осуществленной на одной из станций Октябрьской ж. д. Диаметр трубопровода равен 150 мм; ВС — тупик, В и С — пожарные краны, А — задвижка. Закрыв задвижку А, разобрали пожарный кран В, впустили в линию два ледяных шара диаметром каждый около 135 мм и вновь собрали пожарный кран.

Открыв задвижку А, выпускали воду через стендер на пожарном кране С. Наличие ледяных шаров ведет к сужению сечения и увеличению скорости движения воды, способствующему промывке трубы от осадков. Осадок, более прочно отложившийся на стенках трубы, в результате механического воздействия шара на него и вследствие увеличенных скоростей движения воды смывается.



Фиг. 484



Фиг. 485

Для удаления твердых осадков или попавших посторонних предметов в трубу через специальный тройник можно пропустить деревянную пробку, укрепленную на тросе (фиг. 485). Диаметр пробки примерно на 25 мм меньше внутреннего диаметра трубы.

Между двумя половинами деревянной пробки зажата резина диаметром на 10 — 15 мм меньше диаметра трубы. При больших отложениях на трос можно укрепить две пробки: первую без резины, вторую с резиной. Такой способ требует вытаскивания пробки после промывки обратно, в то время как ледяной шар этого не требует — он тает. Вместе с деревянной пробкой на тросе можно пропускать специальную стальную щетку диаметром несколько меньшим диаметра трубы.

За границей для очистки труб от твердой инкрустации на них применяют особые аппараты, приводимые в трубе во вращательное движение специальными водяными турбинами, работающими вследствие давления воды в трубопроводе. Комбинированный вращающийся скребок срезает отложения на стенках трубы. В этом случае на линиях труб устанавливаются специальные тройники.

Чаще всего за границей этот метод очистки осуществляется специальными фирмами, принимающими на себя всю работу по прочистке труб.

Промывку и очистку труб следует вести отдельными участками и во всяком случае так, чтобы это не отразилось на наборе воды паровозами.

В случае прочистки сети питьевой воды или сети для производственных и питьевых нужд (так же как после укладки новых труб) после промывки необходима дезинфекция, осуществляемая впуском в сеть раствора хлорной извести. Доза активного хлора 15—20 мг/л. Вначале идет промывка раствором, затем (в зависимости от степени загрязнения труб) раствор оставляется на некоторое время в трубах и далее трубы вновь промываются водой. В зависимости от результатов химико-бактериологического исследования воды в трубопроводе после его дезинфекции последний может быть включен в эксплуатацию.

§ 8. Подготовка сети к зимним условиям ее работы и мероприятия по отогреванию замерзших труб

Устройства водоснабжения должны быть в таком состоянии, которое гарантировало бы непрерывность работы в наиболее тяжелый зимний период. Во избежание перебоев летом и осенью должны быть проведены все необходимые работы по приведению всех элементов водоснабжения в образцовое состояние.

В районах, где зимой возможно замерзание сети, осенью проводится ряд мероприятий по ее утеплению. Осматриваются колодцы и крышки на них, устанавливаются настилы примерно на глубине 0,75 — 1 м от верха колодца; поверх настила насыпается материал, плохо проводящий тепло, как то: опилки, торф, мох, солома и пр. То же обязательно выполняется в колодцах у гидравлических колонн, пожарных и иных кранов, причем проверяется исправное действие устройств, служащих для отвода воды. В особенности это важно для колодца-фундамента гидроколонны, где помещается сальник, так как при наличии образовавшегося льда может быть затруднено поворачивание колонны при наборе воды паровозами. В случае замерзания настенного крана его обливают горячей водой или под ним располагают раскаленный уголь.

Если в месте, где проложен трубопровод, была произведена выемка грунта, то необходимо досыпать грунт до соответствующей отметки. В тупиках и участках с небольшим расходом воды во время морозов производится частый выпуск небольших количеств воды. Необходимо следить за нормальной работой домовых ответвлений, ибо если они замерзнут, то может замерзнуть и линия наружной сети.

Отогревание замерзших труб должно производиться возможно быстро; отогревание замерзших труб достигается введением в них горячей воды, нагретого воздуха или пара.

На фиг. 486 изображен передвижной котел для подогрева воды. Горячая вода может подаваться небольшим пожарным насосом, к которому присоединен пеньковый рукав. Последний снабжен специальным наконечником, вставляемым через какое-либо отверстие в отогреваемую трубу. Горячая вода расплавляет ледяную пробку.

В практике известен случай (б. Забайкальская ж. д.) отогревания замерзших труб нагретым воздухом. В пониженном месте линии вскрывается труба на длине около 1,5 м и делается небольшое отверстие, через которое удаляется имеющаяся в ней вода (откачиваемая из траншеи).

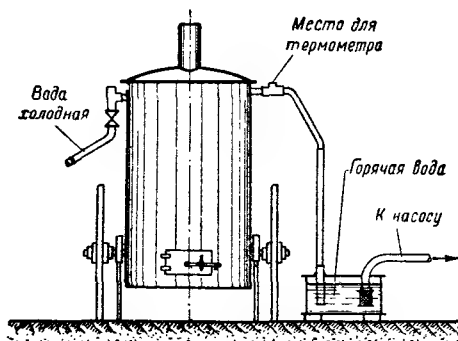
При обнаружении в отверстии льда сюда 25-мм газовой трубой подводится воздух (фиг. 487). Труба эта имеет значительную длину и подогревается на поверхности земли в нескольких местах на кострах. Давление в трубе не допускают выше 3 — 4 ат. Лед в отогреваемой трубе быстро тает. Недостатками этого способа следует считать необходимость вскрывать небольшой участок трубы (при наличии смотрового колодца в пониженном месте замерзшего трубопровода в этом нет необходимости), значительный расход топлива и т. д.

За границей используют небольшие передвижные котлы и отогревают трубы паром.

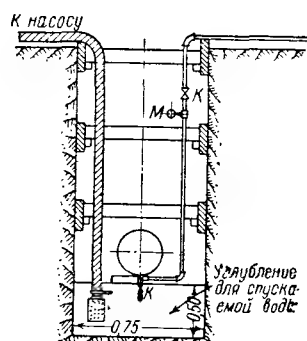
В последние 10 лет получил распространение способ отогревания труб электрическим током, сущность которого заключается в использовании джаулева тепла при пропускании тока по трубе, включаемой в электрическую цепь. Способ этот совершенно не требует земляных работ; включение трубы в цепь производится присоединением замерзшего участка ее между двумя смотровыми колодцами, в которых провод от трансформатора присоединяется при помощи особых хомутов к задвижке, крану и т. д. Указанный способ весьма прост и экономичен. Он требует тока в 120 — 220 в и понизительного трансформатора примерно до 10 — 30 в. Потребная сила тока 200 — 400 а в зависимости от диаметра труб и длины отогреваемых участков.

Участок длиной в 50 — 100 м можно отогреть в несколько минут (не считая времени на подвозку трансформатора, включение его в сеть и включение в электрическую цепь трубопровода). При возможности использования на станции электрического тока последний способ является наиболее рациональным.

Вскрытие труб зимой является весьма трудоемким и дорогим процессом, так как обычно требует длительного оттаивания грунта над трубой (иногда до 10 час. и более) при помощи костров, жаровен и т. д. и большого расхода топлива.



Фиг. 486



Фиг. 487

Оттаивание грунта производится значительно совершеннее прогреванием его паровыми иглами. Эти иглы могут быть изготовлены из газовых труб и имеют на конце стальные наконечники диаметром 25 мм с отверстиями 3 — 4 мм.

Пропаривание грунта производится одновременно в нескольких точках в зависимости от комплекта игл.

Пар подводится из небольшого передвижного вертикального котла под давлением примерно в 6 ат и разветвляется по гибким шлангам диаметром 25—35 мм и далее идет к иглам. Предварительно в грунте ломом пробиваются гнезда на некотором расстоянии друг от друга на глубину 20—30 см; далее в эти гнезда вставляются иглы; в последние пускается пар. По мере пропаривания и таяния грунта иглы переставляются, пока не будет прогрет намеченный слой грунта заданной ширины. Радиус действия иглы около 20 см. Грунт выбирается и прогревается далее до прорытия траншей требуемой глубины.

Процесс пропаривания грунта, не считая подготовительных работ, идет быстро; иглы в грунте обычно находятся в течение нескольких минут, после чего переставляются на новое место. Метод прогрева грунта паровыми иглами чрезвычайно важен на работах в вечной мерзлоте.

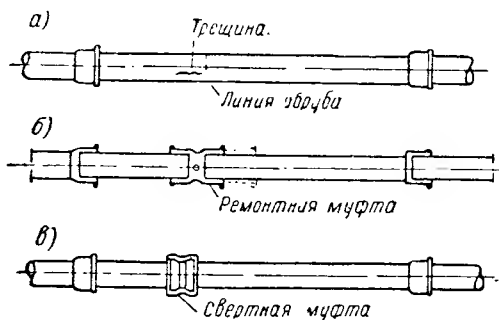
§ 9. Повреждения на сети. Ремонт труб и отдельных устройств сети

Среди большого количества возможных повреждений сети наиболее характерными для труб являются продольные трещины, поперечные трещины, раковины и свищи, расстройство стыков и др.

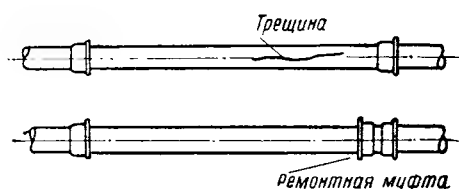
Ремонт трубы с продольной трещиной сводится к обрубке конца трубы с трещиной (фиг. 488, а), установке нового отрезка трубы посредством глухой муфты с заделкой раструбов (фиг. 488, б) или к перекрытию трещины свертной муфтой на резине с заделкой раструбов муфты (фиг. 488, в).

При большой трещине необходимо сменить всю трубу с обрубкой раструба у новой трубы и постановкой глухой надвижной муфты (фиг. 489).

Ремонт трубы с поперечной трещиной сводится к постановке свертной муфты (фиг. 490) на резине с заделкой раструбов. Небольшие свищи или раковины (до 20 — 25 мм) устраняются рассверливанием отверстия и постановкой металлической пробки. Большие свищи заделываются постановкой седелки на резине (фиг. 491).



Фиг. 488

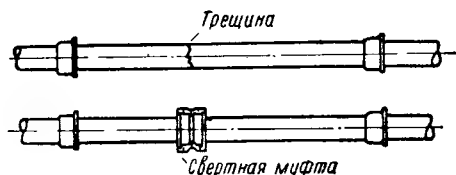


Фиг. 489

Наиболее частый ремонт — это заделка стыков, расстроившихся или вследствие первоначальной неудовлетворительной чеканки или вследствие гидравлических ударов.

В отдельных случаях подчеканивается свинцовая заделка, в иных — стык заделывается заново. Текущий или потеющий цементный стык заделывается заново.

В случае фланцевого соединения ремонт обычно сводится к подтягиванию или замене разрушенных болтов. Ремонт деревянных труб, не имеющих широкого распространения в жел.-дор. практике, зависит от конструкции труб и соединений и выполняется согласно Техническим условиям на изготовление и укладку деревянных звеньевых клепочных труб.



Фиг. 490



Фиг. 491

Очень важно, чтобы деревянные трубы всегда были заполнены водой под некоторым напором и чтобы стыковые соединения этих труб были выполнены технически правильно.

Ремонт колодцев, арматуры и отдельных устройств сети. Весной после снятия с колодцев утепляющих устройств и осенью во время подготовки сети к зимним условиям колодцы очищаются от грязи, арматура в колодцах подлежит мелкому ремонту. Осматриваются галереи для трубопроводов под путями, ремонтируются устройства для отвода воды и пр. Ремонт колодцев и галерей выполняется бригадой из двух человек, из коих один спускается в колодец (галерею), а другой остается снаружи.

Ремонт гидроколонн чаще всего сводится к замене задвижки и верхней части центральной трубы. Еще раз следует указать, что должно быть обеспечено удаление воды из колодца-фундамента гидроколонны.

Все задвижки на сети требуют периодического ремонта. Ремонт этот сводится к набивке сальников, к устранению ненормальностей при открытии и закрытии (задвижка должна легко открываться и закрываться); в случае неплотного закрытия ремонтируется внутренняя часть (очистка, смена уплотняющих колец, шайровка их и т. д.). Ремонт вантузов сводится обычно к замене шара, недостаточно плотно прилегающего к седлу или отверстию. Ремонт водоразборных кранов сводится главным образом к очистке от засорившего их мусора; ремонт предохранительного клапана сводится к проверке чувствительности его действия, к очистке и смазке пружины клапана, седла и т. д.

§ 10. Эксплуатация отдельных сооружений водоснабжения

Эксплуатация насосных станций и станций обработки воды. Основные моменты эксплуатации элементов насосного оборудования и станций обработки воды выше уже были достаточно освещены. Необходимо наблюдать за зданиями станций и поддерживать их в хорошем состоянии. Должна быть обеспечена исправность печей, разделок дымовых труб, сигнальных устройств и всей находящейся на станции аппаратуры.

Помещение для двигателей, котлов, насосов и т. д., а равно и все оборудование должны содержаться в чистоте и образцовом порядке. Хранение и расход топлива или реагентов и устройства для их подачи должны быть предметом особого внимания. Учет расхода топлива, смазки, реагентов и прочих эксплуатационных материалов должен быть правильным и строгим. Периодические осмотры оборудования и своевременные его ремонты (включая и капитальный) должны обеспечить бесперебойную работу станций. Особенности эксплуатации станции обработки воды (заготовка и дозирование реагентов, промывка фильтров, очистка отстойников и т. д. и т. п.) подробно были уже описаны.

Эксплуатация башен, подземных резервуаров, пневматических резервуаров. Необходима периодическая (в зависимости от качества воды) промывка баков башен и резервуаров от накапливающихся в них осадков.

Так как башни зимой отапливаются, то нужно обеспечить исправное состояние печей, дымовых труб, разделок при прохождении последних через крышу и т. д. Необходимо следить за исправностью сигнализации, проверять арматуру и пр. Стальные баки требуют периодической окраски.

Баши и резервуары (форкамеры) должны содержаться в чистоте.

Пневматические резервуары и в частности гидроаккумуляторы Рожновского требуют большого внимания со стороны обслуживающего персонала. Необходимо: контрольные периодические осмотры всего аккумулятора в целом и отдельных его частей, арматуры (предохранительных клапанов), устройств для отведения воды и т. д., проверка достаточной плотности отдельных клапанов и пр., обеспечивающих невозможность утечки воды и воздуха, проверка кольцевого воздушного пространства в смысле отсутствия в нем воды, проверка давления в аккумуляторе и т. д. Периодическая подкачка воздуха и зарядка воздухом после каждого осмотра, требующего открытия люков, спуск воды из гидроаккумулятора, подготовка к зиме и наблюдения за работой его зимой являются основными в эксплуатации. Следует указать, что спуск воды из гидроаккумулятора должен производиться с особой осторожностью. Что касается подготовки гидроаккумулятора к зимним условиям работы, то следует иметь в виду, что в местностях с достаточно суровым климатом необходимо отапливать камеру под аккумулятором, вообще же необходимо утеплять автоматический запорный клапан, часть труб и арматуру в пределах подвального помещения и колодца и т. д.

Особое внимание следует уделять проверке отсутствия воды в кольцевом воздушном пространстве, исправности стока воды и пр. в соответствии с правилами и приемами, подробно изложенными в специальных руководствах.

§ 11. Организация ремонта устройств водоснабжения

Мелкий и текущий ремонт оборудования может быть выполнен эксплуатационным персоналом.

Для капитального ремонта оборудования при отделениях паровозного хозяйства должны быть организованы стационарные мастерские водоснабжения. Эти мастерские должны быть снабжены:

- 1) сверлильными станками;
 - 2) токарно-винторезным станком для расточки цилиндров двигателей и поршневых насосов, обточки колец для двигателей и поршневых насосов и т. д.;
 - 3) электросварочным и газосварочным аппаратом;
 - 4) блоками Людерса грузоподъемностью от 0,5 до 5 т;
 - 5) насосами Летестю, диафрагмовым и мотопомпой или переносной установкой, состоящей из центробежного насоса на общем валу с электромотором;
 - 6) набором инструментов;
 - 7) измерительными приборами (тахометры, секундомеры, контрольные манометры и вакуумметры, электрическая измерительная аппаратура) и т. д.
- Значительная часть мастерских водоснабжения не имеет еще достаточного оборудования. В настоящее время этот недостаток в работе водоснабжения на ряде дорог постепенно ликвидируется.

Работы, требующие применения станков, отсутствующих в мастерских водоснабжения, выполняются в депо.

Для ликвидации аварий, а также для ремонта механического оборудования, гидроколонн, водопроводной сети могут быть использованы вагоны-мастерские водоснабжения.

При необходимости вести ремонтные работы вне станции, на которой находится стационарная мастерская, может быть использован вагон-мастерская, имеющий необходимое оборудование, материалы и рабочую силу.

Для обслуживания больших продольных водопроводов должны организовываться ремонтно-восстановительные поезда, состоящие из вагонов-мастерских, вагона для перевозки материалов и одного-двух вагонов для размещения обслуживающего персонала.

Вагон для материалов должен включать необходимое количество арматуры и запасных частей, чугунные и стальные трубы различного диаметра, некоторое количество круглого леса и пиломатериалов и ряд других строительных и монтажных материалов.

Ремонтно-восстановительные поезда должны иметь штат слесарей и чернорабочих, бригадира или мастера — начальника поезда.

ГЛАВА II

ВРЕМЕННЫЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

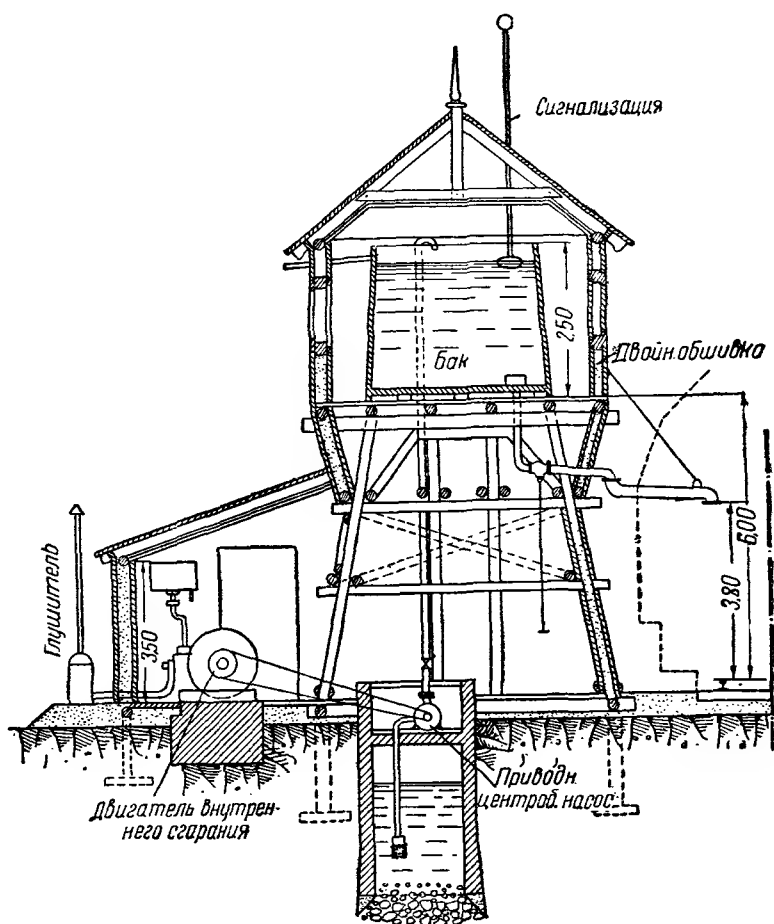
§ 12. Временные устройства для забора и подъема воды

Временные жел.-дор. водоснабжения устраиваются как при постройке железных дорог, так и для их временной эксплуатации. Временные водоснабжения могут иметь применение при восстановлении разрушенных пунктов водоснабжения. Они характеризуются быстрым осуществлением, небольшой мощностью и стоимостью и простотой устройства и обычно устраиваются на станциях, а при отсутствии достаточного источника вблизи станции — на перегонах. Если временные водоснабжения используются при переходе к нормальным условиям движения поездов, то они должны иметь достаточный дебит источника и основные устройства, какие имеют постоянные водоснабжения: насосную установку с механическим оборудованием, баки, обеспечивающие необходимый запас воды, сеть, краны, обеспечивающие быстрый набор воды паровозами и т. д.

К водоподъемным сооружениям временных водоснабжений предъявляется основное требование, как и при постоянных водоснабжениях — обеспечение бесперебойной работы. Насосные станции временных водоснабжений должны

устанавливаться в местах, не заливаемых весенними водами. Если выбор такого места не представляется возможным, то уровень площадки повышается искусственно путем подсыпки с таким расчетом, чтобы площадка возвышалась примерно на 1 м выше высокого уровня вод. Если при этом высота всасывания получится большой, то для установки насоса в здании станции устраивается шахта, защищенная от притока грунтовых вод.

При постройке деревянного водоподъемного здания должно быть обращено особо серьезное внимание на соблюдение всех противопожарных правил. При невозможности выдержать необходимые расстояния деревянные части, находящиеся вблизи печей и дымовых труб, обиваются асбестом и покрываются листами железа.



Фиг. 492

При проходе дымовых труб через крыши и потолки соблюдаются все установленные на этот счет правила.

Насосные агрегаты временного водоснабжения чаще состоят из двигателя внутреннего сгорания и насоса или из парового котла и парового насоса. Применяются пульзометры и эжекторы.

На фиг. 492 показано устройство временного водоснабжения с подъемом грунтовых вод из колодца. Основные устройства объединены в одно сооружение.

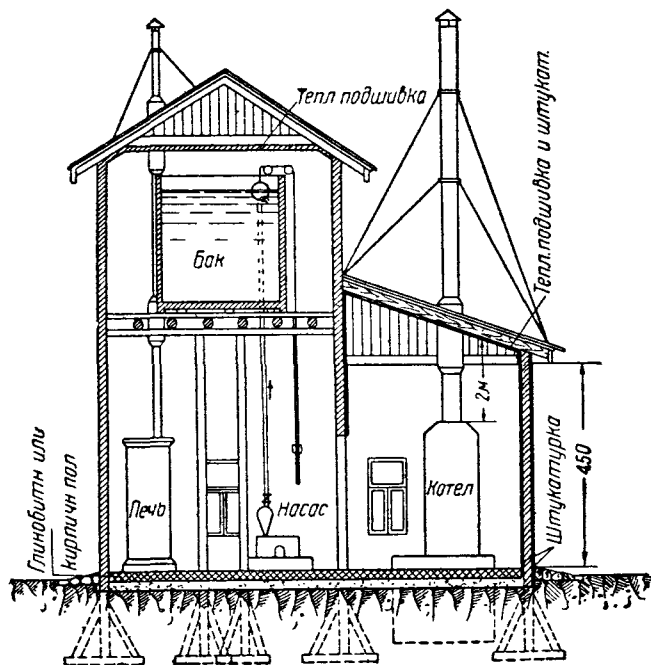
На фиг. 493 представлена временная насосная станция с паровым оборудованием, состоящим из котла Шухова и насоса Вортингтон; станция объединена с баком для воды.

На фиг. 494 показана временная насосная установка, приводимая в действие двигателем внутреннего сгорания, вынесенная в неглубокое озеро. Всасывающая линия пропущена через пол в озеро, напорная — по мосткам выведена на берег.

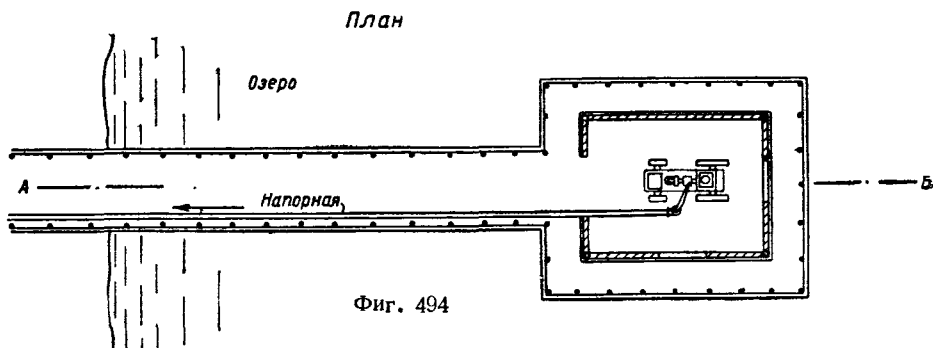
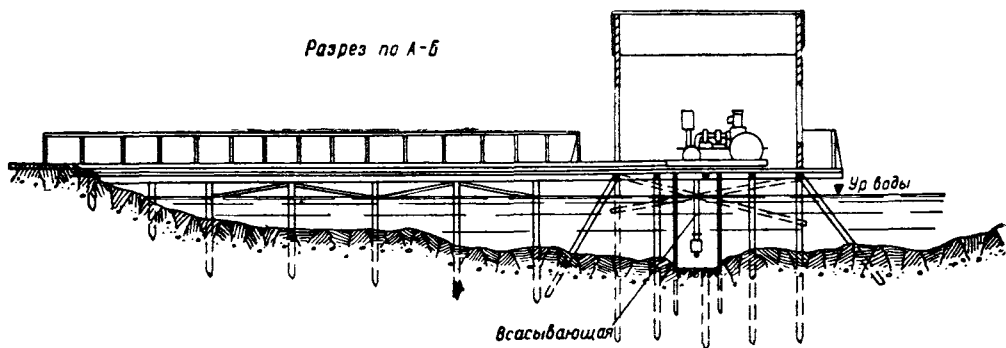
Как уже указывалось, для временных водоснабжений применяются эжекторы и особенно пульзометры.

Пульзометры и эжекторы не требуют для своей установки специального фундамента, устанавливаются на подмостках легкого типа и не требуют постоянного квалифицированного надзора. На жел.-дор. линиях с малым движением (три-четыре пары поездов в сутки) для работы пульзометра, требующего большого расхода пара, можно пользоваться паром от паровоза, набирающего воду. При более интенсивном движении требуется установка стационарного котла.

Пульзометры устанавливаются на станциях и перегонах без особых затруд-



Фиг. 493



Фиг. 494

нений. Они могут быть установлены на жел.-дор. мостах, а в тех случаях, когда расстояние до уровня воды в реке большое (больше 3 — 4 м), пульзометр подвешивается к мосту на специальной площадке. Если пульзометр предназначается для работы в зимних условиях, то он устанавливается в утепленной будке.

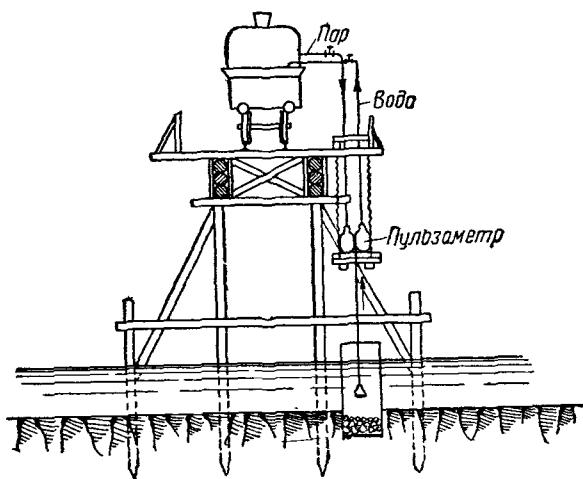
На фиг. 495 показана временная станция у жел.-дор. моста для работы в летнее время и на фиг. 496 — для работы круглый год. В последнем случае пульзометр установлен в теплой будке. Пар может быть получен от паровоза.

Эжектор (паровой) работает, как и пульзометр, паром от паровозного или стационарного котла. При подъеме воды из колодца он может быть установлен непосредственно над колодцем.

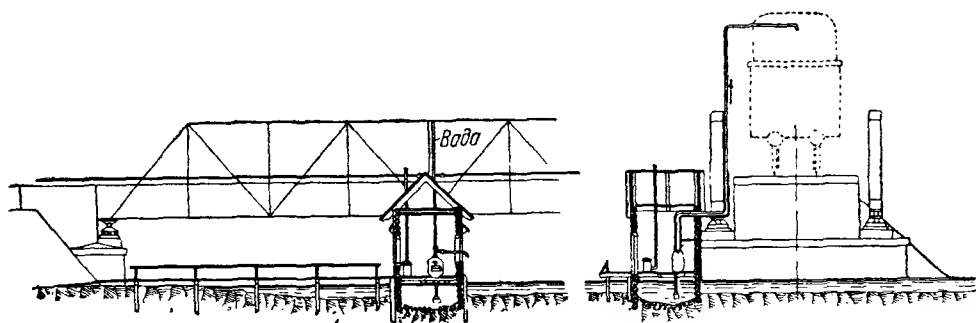
Для того чтобы не иметь лишней отцепки и прицепки паровозов, иногда подобные устройства целесообразно иметь в обоих концах жел.-дор. станции для набора воды поездами того и другого направления.

Для набора воды на перегоне из реки эжектор может прикрепляться к мосту. Эжектор может быть прикреплен к паровозу (передвижная установка). Давление пара от 3 до 6 ат в зависимости от высоты подачи.

Пуск производится путем постепенного открытия парового вентиля; остановка — закрытием парового вентиля.



Фиг. 495



Фиг. 496

Производительность применяемых на практике эжекторов в зависимости от их размеров колеблется от 10 до 50 м³/ч и выше.

Существуют передвижные насосные установки, смонтированные на баржах и пр.

§ 13. Временные водоемные здания и гидроколонны

Водоемные здания временных водоснабжений бывают обычного типа или временного типа — легкие. Одно из таких временных устройств изображено на фиг. 497. Оно состоит из бака, установленного на деревянных подмостях. Деревянные стойки схватываются пластинами и сверху прогонами, на которые кладутся балки и дощатый пол.

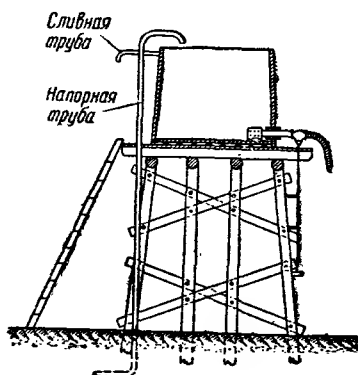
При отсутствии стального бака последний делается деревянным из сосновых досок толщиной 7 см. Стыки досок проконопачиваются смоленой прядью, после чего бак окрашивается горячей смолой. Вода из бака подается настенным краном. Для временного водоснабжения могут служить деревянные башни, описанные ранее.

В случае работы в зимних условиях приходится прибегать к постройке водоемных зданий с отоплением.

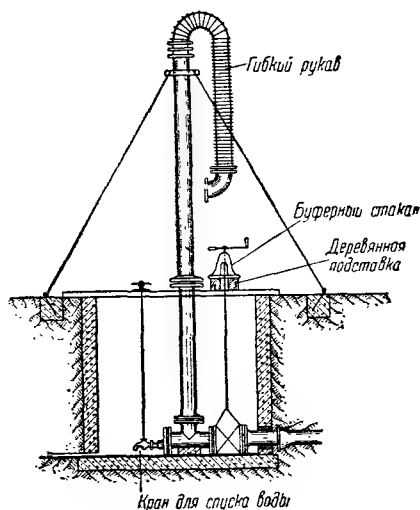
Для предохранения от замерзания трубопроводы соответствующим образом утепляются.

При восстановлении разрушенных водоснабжений могут быть применены стационарные и передвижные пневматические устройства (на жел.-дор. платформе). В качестве последних могут быть использованы и обычные цистерны (давление здесь ограничено — 1,5 ат).

При устройстве временного водоснабжения может быть установлена временная гидроколонна, изображенная на фиг. 498. Она монтируется из чугунных фланцевых труб диаметром 200 мм и устанавливается на тройнике разводящей трубы. В колодце на трубе устанавливается задвижка со штангой, выходящей на поверхность земли.



Фиг. 497



Фиг. 498

К верхней части стояка гидроколонны прикрепляется гибкий рукав диаметром, равным диаметру стояка.

При подготовке водоснабжения в зиме гидроколонна обертывается соломенными жгутами и войлоком. С этой же целью, т. е. для предохранения колонны от замерзания, в глухой фланец тройника, на который устанавливается гидроколонна, ввертывается кран диаметром 20 — 25 мм, открываемый также при помощи штанги после каждого набора воды. Вода стекает в колодец, а оттуда по трубе в канаву за пределы путей.

§ 14. Водяные поезда и цистерны

Для временного водоснабжения и снабжения станций, не имеющих своих источников и водоснабжения, вода может подвозиться с соседних станций специальными водяными поездами, состоящими из цистерн или в зимнее время из обыкновенных товарных вагонов с установленными в них баками для перевозки воды (обычно два бака емкостью около 5 м³ каждый). При малой потребности станции в воде цистерны с водой или вагон-бак прикрепляются к обычным товарным поездам.

Налив воды в цистерны производится при помощи гидроколонн или специальных так называемых наливных батарей, монтируемых из обычных стальных

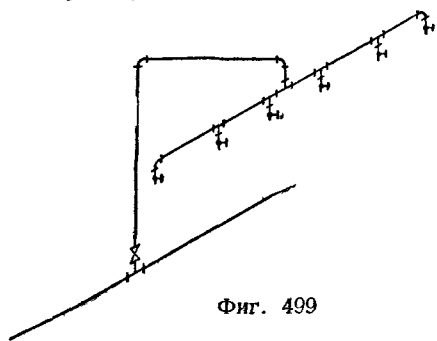
труб (фиг. 499). Вода в батарею подводится из той же разводящей сети, которая обслуживает гидроколонны. Последний способ дает возможность налива одновременно нескольких цистерн или вагонов-баков и является в ряде случаев более рациональным, так как ускоряет оборот вагонов и сокращает время занятия станционного пути.

На станциях потребления привозной воды для слива воды сооружаются специальные сливные устройства, состоящие из резервуара для воды и лотков. Из резервуара вода забирается установленным около него насосом и подается в водонапорную башню, а при отсутствии ее — непосредственно в разводящую сеть.

Вместо подвоза воды специальными поездами для снабжения паровозов на некоторых безводных участках (при подходящих для этой цели климатических условиях) практикуется прицепка к поездным паровозам цистерн с водой. При помощи соединяющего их гибкого рукава вода из цистерны поступает в тендер (сообщающиеся сосуды), все время пополняя расходуемую из него воду.

Вода из прицепных цистерн может также поступать в тендер паровоза на ходу при использовании сжатого воздуха от компрессора, имеющегося на паровозе. Последнее является важным, так как уменьшение числа остановок для набора воды паровозом может способствовать увеличению пропускной способности дороги.

При постройке новых железных дорог и во время их эксплуатации постройка временных водоснабжений должна иметь место при наличии достаточно обоснованных данных, свидетельствующих о том, что эти водоснабжения будут действительно временными. На практике, особенно при постройке новых —



Фиг. 499

жел.-дор. линий, имели место случаи постройки целого ряда пунктов водоснабжения временного типа с примитивными водоприемными сооружениями, с деревянными водоемными и водоподъемными зданиями, с маломощным механическим оборудованием, со слабо развитой разводящей сетью и т. д. без учета действительных перспектив работы этих сооружений. Эти временные водоснабжения сдавались во временную эксплуатацию и эксплуатировались годами, а иногда и десятками лет.

Это может создать большие эксплуатационные неудобства, отцепку паровозов при наборе воды, задержку поездов под набором воды и т. д., а все это приводит к необходимости коренной реконструкции этих временных водоснабжений с затратой излишних средств. Поэтому постройка временного водоснабжения может быть принята лишь в том случае, если последнее не превратится в постоянное.

Таким образом, устройство временных водоснабжений должно практиковаться главным образом при восстановлении разрушенных водоснабжений, в процессе строительства дороги для обслуживания строительства и при очевидной надобности в нем в эксплуатации именно как во временном устройстве.

ГЛАВА III

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ВОДЫ

§ 15. Общие соображения

Технический проект водоснабжения должен сопровождаться эксплуатационной сметой, которая имеет целью определить стоимость 1 м³ обработанной и поданной потребителю воды. В том или ином объеме эксплуатационные сметы составляются при технико-экономических сравнениях вариантов проекта (для различных вариантов).

Ниже дается схема и примерное определение себестоимости.

Для определения стоимости 1 м³ воды необходимо знать строительную стоимость сооружений, очередность строительства, затраты по очередям и полные годовые затраты по содержанию водопровода.

Определение строительной стоимости в процессе проектирования вначале, в стадии проектного задания, принимается по укрупненным измерителям, а далее на основе строительных смет по отдельным сооружениям, и в эксплуатации — по фактической стоимости. Для определения стоимости по очередям вплоть до полной мощности делается выборка из общей сметы по сооружениям, подлежащим передаче в эксплуатацию в ту или иную очередь. Эксплуатационные расходы, таким образом, меняются по мере ввода в эксплуатацию новых сооружений, следовательно, меняется и стоимость получения, обработки и подачи 1 м³ воды K , которое определяется как частное от деления полных годовых расходов по содержанию водопровода E на средний годовой расход воды, поданной потребителю, $Q_{ср. год}$

$$K = \frac{E}{Q_{ср. год}},$$

где $Q_{ср. год}$ определяется с исключением из полной подачи расхода воды на собственные нужды;

K определяется для определенного заданного года и очереди строительства (например для сооружений, необходимых для размеров движения на пятый год эксплуатации дороги).

При исчислении средней себестоимости воды в течение всего расчетного периода действия водопровода за t лет необходимо принять средние годовые расходы воды за весь расчетный период.

Полные годовые расходы по содержанию водопровода E могут определяться по формуле:

$$E = \sum Sn + L,$$

где S — строительные стоимости отдельных сооружений водопровода в руб.;
 n — процентные отчисления на амортизацию от строительной стоимости сооружений;

L — полные годовые эксплуатационные расходы в руб.

Полные годовые эксплуатационные расходы состоят:

Прямые расходы (с необходимыми начислениями):

а) на содержание зданий, сети и сооружений, включая и обслуживающий персонал;

б) на энергию, топливо для силовых установок и вспомогательные материалы по силовому и насосному оборудованию;

в) на реагенты и вспомогательные материалы, идущие для обработки воды;

г) на очистку водохранилищ, прудов и пр.;

д) на санитарные мероприятия.

Расходы на содержание зданий, сети и сооружений и включают:

1) расход на содержание определенного штата для обслуживания сооружений, сети и пр.;

2) расход на транспортные средства;

3) расход на производство текущего ремонта оборудования, зданий и сооружений;

4) расход на отопление и освещение зданий.

Штат обслуживающего персонала зависит от условий работы сооружения. При определении годового расхода на заработную плату обслуживающему персоналу необходимо учитывать еще начисления на заработную плату (соцстрах, отпуска, командировки и т. д.). Общие начисления (при ориентировочных подсчетах) можно принимать равными около 35%.

Расходы на транспорт определяются по потребности в зависимости от территориальной разбросанности сооружений (вывозка шлака, перевозка загрузочного материала для догрузки фильтров, топлива для отопления и прочего материала, необходимого в эксплуатации; перевозка ремонтируемых задвижек и пр. Перевозка топлива для насосной станции и реагентов может учитываться при определении стоимости топлива и реагентов).

Расход на текущий ремонт принимается в зависимости от типа, вида и состояния сооружений, зданий и оборудования, местных условий и пр.

В среднем можно принимать:

1) стоимость ремонта водоприемных сооружений 1 — 3% от их стоимости;
2) ремонт всасывающих, напорных и разводящих линий из чугунных труб 0,5 % (в пределах здания), 0,5 — 1% — в обыкновенных грунтах. Для чугунных труб в болотистых, солончаковых и насыщенных сильно минерализованными водами грунтах, а равно для стальных труб стоимость текущего ремонта может быть принята до 2%;

3) ремонт зданий:

а) каменных и кирпичных — 0,5%;

б) деревянных — 1,0%;

4) ремонт механического оборудования — 3 — 5%.

Расходы на энергию, топливо и вспомогательные материалы по силовому и насосному оборудованию

Годовой расход на электроэнергию, затрачиваемую на работу агрегатов, может быть определен по формуле:

$$A = \frac{1\,000 \cdot 365 \cdot Q_{cp} \cdot H \cdot 0,736 \cdot K_1}{3\,600 \cdot 75 \cdot \eta_{нас} \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_{м}}$$

(потери энергии в электросети для насосной станции здесь не учтены), где

Q_{cp} — среднесуточный расход в m^3 ;

H — полная высота подъема в m ;

K_1 — стоимость электроэнергии в руб. за 1 квт-ч;

$\eta_{нас}$ — к. п. д. насоса;

$\eta_{пер}$ — к. п. д. передачи;

$\eta_{м}$ — к. п. д. электромотора.

Нефтяные двигатели требуют расхода в год на горючее (в руб.):

$$A = K_{11} a_1 \left(\frac{1\,000 \cdot 365 \cdot Q_{cp} \cdot H}{3\,600 \cdot 75 \cdot \eta_{нас} \cdot \eta_{пер}} \right) + K_{11} \cdot a_2 \cdot m \cdot 365,$$

где K_{11} — стоимость 1 кг горючего в руб., включая его доставку, хранение и пр.,

a_1 — расход горючего в кг на 1 эффективную силу-час;

a_2 — расход горючего в кг на один пуск двигателя;

m — среднее число пусков двигателя в сутки.

Расход топлива на работу прямодействующих паровых насосов ориентировочно определяется по эффективной мощности, развиваемой насосом, расходу пара в килограммах на 1 ЛС-ч эффективной мощности (35 — 40 кг) с учетом паропроизводительности топлива и т. д.

Расход на вспомогательные материалы (смазка, обтирка, изоляция, набивка сальников и пр.) может быть принят равным 3% от расхода на энергию при электродвигателях: 15 — 20% от стоимости горючего при нефтяных двигателях и 10 — 15% от стоимости топлива при паровых машинах и локомотивах.

Расходы на реагенты. Эти расходы зависят от соответствующих доз реагентов, вводимых в воду при ее обработке, и стоимости их с учетом стоимости доставки реагентов с заводов к станции обработки воды, хранения реагентов и пр.

Расход на очистку водоемов и пр. Постоянная очистка некоторых сооружений (удаление осадка из отстойников, очистка водоприемников и пр.) предусматривается пунктом «а» прямых расходов и отдельно здесь не учи-

тывается. Однако целый ряд специальных работ по очистке сооружений производится периодически и требует в отдельные промежутки времени большого количества рабочей силы, специальных устройств, оборудования и транспортных средств. К таким работам относятся:

1) очистка водохранилища, крупных земляных резервуаров, отстойных прудов, ковшей и пр.;

2) землечерпательные работы у водозаборных сооружений при наличии наносов и пр.;

3) работы по удалению водорослей, камыша, травы у водозаборных сооружений; работы в связи с мероприятиями по борьбе с цветением воды.

Сюда же можно отнести и работы по борьбе с ледяными заторами у водозаборных сооружений.

Расходы по указанным работам должны учитываться эксплуатационной сметой в зависимости от повторяемости и объема этих работ.

Расходы на санитарные мероприятия. В тех случаях, когда проектом предусматривается организация охранной зоны, необходимо учитывать расходы на ее содержание, включающие наблюдение за источником и пр. Стоимость санитарного контроля воды, обрабатываемой на сооружениях, включается в пункт «а» прямых расходов.

Размер амортизационных отчислений. Амортизационные отчисления не зависят от использования мощности сооружений. Размер отдельных амортизационных отчислений приведен в I томе настоящего труда.

Указав схему и методологию подсчетов себестоимости при проектировании, следует отметить, что при определении себестоимости в процессе эксплуатации расчеты, естественно, ведутся по фактическим расходам топлива, энергии и пр. по методике и формам, преподанным НКПС.

Уменьшение себестоимости требует строительства сооружений по очередям в соответствии с действительным водопотреблением и наиболее полного использования мощности сооружений.

Для анализа важно иметь себестоимость воды не только по отдельному пункту водоснабжения, но еще среднюю стоимость по всему водоснабжению в пределах отделения паровозного хозяйства и дороги.

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ГЛАВА I

ОБЪЕМ И ХАРАКТЕР ИЗЫСКАНИЙ

§ 1. Общие соображения

Строительству водоснабжения предшествуют изыскания и составление проектного задания, технического проекта и рабочих чертежей.

Изыскания для проектирования и устройства водоснабжения на железной дороге ведутся применительно к потребностям в воде для удовлетворения поездных нужд, производственных нужд депо, заводов и пр., хозяйственно-питьевых нужд жителей поселков и станций, перевозимых войск и противопожарных нужд. Водоснабжение, равно как и прочие устройства на железной дороге, должно обеспечить бесперебойное и безаварийное движение поездов и требуемую пропускную способность с высокими скоростями, хорошим оборотом подвижного состава и минимальным расходом топлива.

В результате изысканий должен быть решен вопрос об источниках водоснабжения и связанный с ним вопрос о целесообразном размещении пунктов набора воды, вопрос о типе водозаборных сооружений, об обработке воды, о подъеме, распределении, хранении и раздаче ее потребителю.

В результате изысканий должен быть также решен вопрос о целесообразности проектирования и постройки одного общего водопровода для снабжения водой паровозов, удовлетворения иных производственных нужд и для питьевых нужд или вопрос об отдельном устройстве водопроводов для производственных и питьевых нужд и, наконец, об устройстве совместных водопроводов с коммунальными, промышленными и другими предприятиями.

Объем и характер изысканий для проектирования водоснабжения определяются, с одной стороны, общим масштабом строительства и, с другой, — стадией проектирования. В зависимости от стадии проектирования, изыскания для целей водоснабжения могут быть разделены на следующие:

- а) рекогносцировочные обследования;
- б) технические изыскания облегченного типа, или предварительные;
- в) детальные технические изыскания.

Кроме перечисленных могут иметь место еще изыскания непосредственно перед производством строительных работ и в процессе производства этих работ на месте расположения отдельных сооружений.

В зависимости от масштаба и характера строительства и ряда местных условий отдельные виды и этапы изысканий могут объединяться.

Рекогносцировочные обследования сводятся к ознакомлению с источниками водоснабжения путем их осмотра при обходе или объезде, проведению маршрутных съемок, примерному выбору мест расположения сооружений, замеру глубин рек в характерных местах и т. д. В результате таких обследований должны быть, например, получены общие данные по гидрологии поверхностных источников и отдельные материалы, используемые для решения технико-экономических вопросов, связанных с водоснабжением.

Технические изыскания облегченного типа, или предварительные, сопровождаются соответствующими замерами и на-

блюдениями, используемыми для составления проектного задания, предварительного определения стоимости и т. п. В результате этих изысканий дается всестороннее освещение района источника, схема водоснабжения и намечаются характер и объем окончательных изысканий.

Таким образом объединенные в практике жел.-дор. водоснабжения рекогносцировочные и предварительные изыскания имеют целью осветить возможность обеспечения проектируемой железной дороги водой, дать схемы размещения пунктов набора воды, дать наиболее целесообразную в технико-экономическом отношении и в определенном приближении схему водоснабжения каждого пункта. В процессе этих изысканий делается облегченная инструментальная съемка и уточняются данные, позволяющие составить проектное задание.

Детальные технические изыскания должны дать полный исчерпывающий материал о дебите источника, о качестве воды, а равно в деталях весь материал, касающийся топографии, гидрогеологии и геологии, гидрологии, а также результаты санитарно-технических и экономических исследований, каковой материал должен быть использован для окончательного решения схем и выполнения технического проекта по каждому пункту водоснабжения.

Изыскания непосредственно перед производством строительных работ имеют своей целью уточнение некоторых данных предыдущих изысканий; производится уточнение топографии и геологии в месте расположения отдельных сооружений, а также исследование физико-механических, фильтрационных и строительных свойств грунтов.

В случаях реконструкции и расширения водоснабжения, изыскания должны включать в себя подробные сведения о существующем водоснабжении. В этих случаях проектное задание выполняется на основе изысканий с учетом материалов по существующему водоснабжению.

При производстве изысканий источников водоснабжения принимают во внимание (предварительное) размещение пунктов набора воды, намечаемых одновременно с разработкой проекта линии железной дороги.

Согласно проекту технических условий проектирования железных дорог нормальной колеи при размещении пунктов водоснабжения и проектировании водопроводных сооружений составляется генеральная схема водоснабжения дороги на десятый год работы, в соответствии с которой должны быть запроектированы и сооружены водопроводные устройства, необходимые для размеров движения на пятый год эксплуатации дороги. Водопроводные сооружения, последующее расширение которых вызывает значительное удорожание строительства (водозаборные и гидротехнические сооружения) строятся сразу для удовлетворения нужд десятого года эксплуатации. По специальному заданию НКПС мощность водопровода проверяется на удовлетворение нужд массовых перевозок. Пункты набора воды паровозами устраиваются на деповских станциях, в пунктах оборота паровозов, а также на промежуточных станциях в случае недостаточности запаса воды в тендере для следования между пунктами оборота паровозов. При размещении пунктов набора воды учитывается наличие источников, могущих быть использованными для водоснабжения, их надежность и качество воды. Расстояние между пунктами набора воды паровозами должно обеспечивать при заданном типе паровоза возможность пропуска наиболее тяжелого поезда с максимальным использованием полезного запаса воды в тендере. Расход воды из тендера между пунктами набора воды допускается не свыше 80% от полной емкости четырехосных тендеров и 85% от полной емкости шестиосных тендеров.

На линиях, где получение достаточного количества воды для обеспечения размеров движения на пятый год эксплуатации связано со значительными затратами, выбор способа снабжения паровозов водой (введение паровозов с конденсацией пара, устройство продольного водопровода, введение прицепных цистерн и тендеров) производится на основании технико-экономических расчетов.

Пункты оборота паровозов, станции, имеющие депо, промежуточные станции и виртуальные расстояния между ними в обоих направлениях показываются

на схеме и по наиболее тяжелому грузовому поезду проверяется расстояние между намечаемыми пунктами набора воды с учетом наибольшего расхода для четырехосного тендера, равного $0,8 \cdot 23 = 18,4 \text{ м}^3$, и для шестиосного тендера — $0,85 \cdot 44 = 37,4 \text{ м}^3$.

Для указанной проверки необходимо иметь данные о расходе воды паровозами на тягу поезда заданного веса на 1 виртуальный километр пути. Расход этот определяется теоретически методами, приводимыми в тяговых расчетах. Расход на 1 виртуальный километр пути, зависящий от большого числа факторов, в том числе и от качества воды, определенный теоретически, может несколько отличаться от фактических расходов, поэтому теоретическое определение этого расхода применяется главным образом на новостройках.

На отдельных дорогах в результате опытных поездок имеются опытные данные о расходе воды на 1 виртуальный километр. Многие из этих данных в настоящее время при увеличении скорости движения поездов, увеличении форсировки, улучшении состояния паровозов, улучшении качества воды (умягчение, внутрикотловая обработка воды) подверглись тем или иным изменениям. Для расчетов, особенно при проектировании водоснабжения для эксплуатационных линий, временно впредь до получения достаточных данных опытных поездок и установления норм расхода воды можно пользоваться данными следующей таблицы.

При весе поезда	Расход воды в л на 1 виртуальный км пути (включая сюда расход на продувку котлов)						
	Паровозы серии						
	Э	О	Р	Щ	Е	ФД	СУ
570—640 т	—	—	—	—	—	—	150
До 1000 »	180	150	150	160	200	—	—
» 1500 »	200	—	—	200	230	—	—
» 1800 »	220	—	—	—	250	290	—
» 2000 »	240	—	—	—	270	320	—
» 2500 »	290	—	—	—	300	350	—

При применении толкачей или двойной тяги на приведенные в таблице расходы принимается коэффициент 1,5.

Виртуальные длины участков между пунктами набора воды определяются с учетом профиля пути, кривых и пр. согласно существующим правилам. Однако необходимы систематические проверки и пересчеты этих длин на эксплуатируемых линиях в связи с выполняемыми работами по смягчению профилей, так как это ведет к уменьшению этих длин.

Для определения расчетного расхода воды необходимы сведения о количестве пар поездов, проходящих через станцию, о сериях и типах паровозов и о прочих потребителях. В случае отсутствия данных о прочих потребителях (предварительные изыскания новых жел.-дор. линий) для станций с основным депо возможно принять для прочих станционных нужд примерно до 90% от поездного расхода; для станций с оборотным депо — примерно до 30% от поездного расхода и для станций с пунктами оборота поездов — примерно 15% поездного расхода.

Размещение пунктов набора воды производится с учетом того направления, для которого расход воды больше, поэтому определение расхода воды должно производиться для обоих направлений. При наличии в обращении паровозов с четырехосными и шестиосными тендерами при расстановке пунктов водоснабжения следует учитывать и четырехосные тендеры, что может повести к сближе-

нию пунктов водоснабжения или к устройству дополнительных постоянных или временных пунктов набора воды.

Количество пунктов набора воды должно быть возможно меньшим, а схемы водоснабжения в пунктах набора воды должны удовлетворять требованиям наибольшей целесообразности в техническом и экономическом отношении.

Ряд дорог в настоящее время электрифицирован, введены тепловозы, расходующие воду лишь для охлаждения двигателей, и паровозы с тендером-конденсатором, расходующие воду в 20 — 25 раз меньше паровозов других серий. Пробег паровозов с тендером-конденсатором доходит до 1 000 км и более; это дает возможность лучше обслуживать безводные участки, а также отказываться от дорогостоящих и неудобных в эксплуатации продольных водопроводов.

Изыскания проводятся по заранее составленному плану, включающему в себя предварительное изучение карт района, а равно имеющегося материала по климату, геологии, гидрогеологии, гидрологии, метеорологии (осадки, испаряемость, температура) и т. д.

§ 2. Объекты изысканий

Для составления проектов водоснабжения жел.-дор. станций и узлов и целых участков дорог необходимы:

- 1) выбор источника водоснабжения;
- 2) выбор и изучение трассы напорных водоводов;
- 3) изыскания в районе потребления воды и расположения сооружений;
- 4) изучение условий сброса сточных вод.

Общий объем исследований, необходимых для составления проекта водоснабжения для всех стадий проектирования, включает проведение:

- а) топографических и геодезических работ;
- б) инженерно-геологических и гидрогеологических исследований;
- в) гидрологических и климатологических исследований;
- г) санитарно-технических исследований;
- д) экономических изысканий;
- е) изысканий в процессе организации строительства;
- ж) специальных изысканий (например в районе вечной мерзлоты).

§ 3. Общие соображения по изысканиям источников водоснабжения

На жел.-дор. транспорте могут быть использованы следующие источники водоснабжения:

- 1) открытые, или поверхностные, — реки, ручьи, озера, водохранилища;
- 2) подземные воды (артезианские и грунтовые);
- 3) инфильтрационные воды ¹.

Источник водоснабжения должен обеспечивать подачу необходимого количества воды на все нужды станции.

Дебит поверхностных источников и емкость водохранилищ определяются по минимальному стоку с повторяемостью один раз в тридцать лет. При расчете емкости водохранилища учитывается возможность использования запасов воды, собранных в годы, предшествующие маловодному.

Изыскания источников водоснабжения имеют своей целью определение дебита или расхода последних, т. е. установление количественной характеристики, а детальные технические изыскания — еще и определение качества воды, т. е. качественной характеристики источника.

Вода источника водоснабжения, предназначенная для производственных и хозяйственно-питьевых нужд, должна быть подвергнута физико-химическому и бактериологическому исследованию в течение не менее чем одного года, а также иметь предварительную санитарную оценку.

¹ Под последними здесь понимаются речные воды, фильтрующиеся в водоносный горизонт береговой полосы.

Вода, предназначенная для питания паровозов, не должна содержать в себе примесей, вредно влияющих на котлы и арматуру, и не должна иметь жесткость выше:

- а) для питания паровозов ФД и более мощных — 10 нем. гр.;
- б) для питания паровозов СО, Э и менее мощных — 15 нем. гр.

Среди обследуемых источников водоснабжения могут встретиться поверхностные и подземные воды. Если вторые при достаточно глубоком залегании являются более чистыми в гигиеническом отношении и потому более желательными для питьевого водоснабжения, то они чаще имеют больший минеральный состав, большую жесткость и т. д.

Поверхностные воды обычно менее минерализованы, и с этой точки зрения использование их для поездного водоснабжения часто представляется более целесообразным. Однако в оборонном отношении использование подземных вод имеет преимущество, и в этом смысле на жел.-дор. транспорте использование этих вод должно занять большее место.

Качественная характеристика дается в результате производства химических анализов, а в случае использования источника и для питьевых целей и бактериологических; оценка водоема требует часто проведения биологических исследований.

Мощность и водоносность поверхностных источников водоснабжения (рек, озер) устанавливаются на основе данных многолетних гидрометрических наблюдений или же по аналогии с соседними более изученными бассейнами и по эмпирическим формулам при недостаточности или полном отсутствии данных гидрометрических наблюдений.

Дебит подземных вод устанавливается при помощи пробных откачек из заложённых буровых скважин или на основании изучения данных по эксплуатируемым скважинам того же горизонта.

При использовании рек в качестве источников водоснабжения необходимо установить возможность осуществления водозабора в условиях естественного режима реки, т. е. без регулирования горизонтов и расходов последней. В том случае, если минимальные расходы реки в маловодные годы не обеспечивают нормальной работы водоснабжения, необходимо регулирование стока реки путем устройства водохранилища соответственной емкости.

Если минимальный расход реки в расчетный засушливый год превышает расход на водоснабжение, но глубина воды при таких расходах недостаточна, то для обеспечения нормальных условий водозабора требуется регулирование горизонтов устройством водоподъемной плотины.

Таким образом, при проведении изысканий является необходимым определение минимальных расходов и соответствующих им горизонтов, что позволяет судить о необходимости регулирования стока и горизонтов исследуемой реки. Устанавливаются характерные горизонты воды; горизонт самых высоких и самых низких вод, отметки ледостава и ледохода, глубина промерзания и толщина ледяного покрова в наиболее суровую зиму и т. д.

Кроме того, обследуется санитарное состояние источника. Изыскания подземных вод требуют знания и подробного изучения геологии и гидрогеологии района. Здесь изыскания предусматривают изучение местности (рельеф, овраги, обнажения пород, заболоченность, наличие староречья), изучение выходов и характера ключей, указывающих часто на наличие напорных вод; при изучении характера выхода определяется дебит, выясняется режим ключа в различное время года и определяется качество воды.

При наличии буровых скважин выясняют точное их местонахождение, отметки устья, статического и динамического уровня воды, характер депрессионных кривых, глубину скважин, геологический разрез их и характер водоносных горизонтов, дебит в соответствии с отметкой динамического уровня, удельный дебит, конструкцию скважины, фильтра и водоподъемных устройств и качество воды.

При реконструкции водоснабжения дается подробное описание всех элементов существующего водоснабжения; особенно обращается внимание на работу

водозаборных сооружений при самых низких горизонтах воды, в период ледостава и ледохода, а также при самом высоком горизонте воды (затопляемость).

В результате предварительных изысканий и анализа имеющихся материалов, учитывая также и факторы экономического значения (наличие и стоимость электроэнергии, топлива, реагентов для умягчения, их подвозки и т. д.), даются варианты схем водоснабжения и т. д. В результате предварительных изысканий даются также программы детальных изысканий.

Следует заметить (что очень важно для излагаемого далее материала), что в практике различных проектно-изыскательских организаций отсутствовали установленные единообразные масштабы съемок для различных случаев, что в дальнейшем, естественно, должно быть устранено.

§ 4. Источники водоснабжения — открытые водотоки: реки, ручьи, водохранилища

Топографические работы.

При составлении схем водоснабжения проведению топографо-геодезических изысканий предшествует выявление и сбор имеющихся топографических и картографических материалов по ранее проведенным в районе изысканиям как по поверхностным, так и по подземным источникам водоснабжения. В разрезе основных поставленных задач разрабатывается программа изысканий.

Небольшие реки, ручьи и балки (с водохранилищами в них) обычно используются в качестве источников водоснабжения с регулированием поверхностного стока посредством устройства поперек водотоков водоудержательных (водохранилищных) плотин. В соответствии с этим топографические изыскания должны охарактеризовать рельеф ложа проектируемого водохранилища; они сводятся к высотно-плановым съемкам чаши водохранилища, места расположения плотины водосбросных и водозаборных сооружений. По чаше водохранилища производится мензульная и тахиметрическая съемка с учетом превышения нормального подпорного горизонта воды в водохранилище на 3—5 м и составляется план в горизонталях в масштабе (примерно) $\frac{1}{2\,000}$ — $\frac{1}{5\,000}$ в зависимости от размеров чаши водохранилища с сечением горизонталей через 0,5 — 2,0 м. В месте расположения плотины водосбросных и водозаборных сооружений производится высотно-плановая съемка и составляется план в горизонталях в масштабе (примерно) $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{1\,000}$ с сечением горизонталей (примерно) через 0,5—1,0 м.

В месте расположения плотины производится разбивка не менее трех створов через пойму реки в пределах съемки чаши водохранилища; один створ — по оси плотины, а остальные параллельно последней, выше и ниже на расстоянии около 20—50 м в зависимости от высоты плотины; производится нивелировка и составляются продольные профили. В месте водозаборных сооружений также производится разбивка трех створов: через всю реку при небольшой ее ширине и на некоторое расстоянии от берега при большой ширине с промером глубин воды нивелировкой и составлением профилей. Расстояние между створами берется обычно 20—50 м.

Также производятся разбивка и нивелировка осей водосбросных и водозаборных сооружений с поперечниками через 15—30 м длиной 15—75 м в каждую сторону в зависимости от размеров сооружений. По осям плотины водосбросных и водозаборных сооружений составляются продольные и поперечные профили.

При устройстве водозаборных сооружений на реках с регулированием только горизонтов воды путем устройства водоподъемных плотин топографические изыскания должны охарактеризовать место для устройства плотины, заливаемую пойму, место для устройства насосной станции и т. д.; они сводятся к планово-высотной съемке русла реки и места расположения плотины и водозабора.

Съемка русла реки обычно производится мензулой в пределах горизонтов, превышающих нормальный подпорный горизонт на 3—5 м. По длине реки съемку следует распространять до пределов распространения подпора плотины. В отдель-

ных случаях участок реки, охватываемый съемкой, ограничивается длиной 200—500 м выше и ниже оси плотины. Съемка реки ведется на относительно небольшом участке и небольшой ширине в соответствии с линией затопления высокими водами береговой полосы. В результате съемок составляется план в горизонталях в масштабе (примерно) $1/500$ — $1/1\,000$ с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м.

В местах расположения плотины и водозабора производится высотно-плановая съемка в масштабе (примерно) $1/200$ — $1/500$ с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м, а также разбивка и нивелировка не менее трех створов: одного по оси плотины и водозабора и по одному створу выше и ниже оси на расстоянии 20—50 м. По створам, разбитым в месте расположения плотины и водозабора, составляются продольные профили в масштабах: горизонтальном (примерно) $1/500$ — $1/1\,000$ и вертикальном (примерно) $1/100$ — $1/200$.

При постановке в качестве варианта вопроса об углублении русла реки в результате топографических работ должен быть получен план места забора воды с указанием перекатов, островов и пр., глубин в различных местах, направления основного течения реки и т. д.

При устройстве водозаборных сооружений на больших реках, обычно изученных в гидрологическом отношении, с достаточными минимальными расходами и глубинами изыскания упрощаются, съемка реки не производится; показываются места намечаемых водопроводных сооружений. Топографические изыскания ограничиваются высотно-плановыми съемками в месте расположения водозабора на длине примерно 200—500 м выше и ниже водозабора.

Намечаемое место водозабора должно быть в этих случаях согласовано с соответствующими органами.

При неустойчивых и подверженных размыву берегах топографические изыскания вверх и вниз по реке распространяются до пределов, подлежащих регулированию, и пределов необходимых берегоукрепительных работ.

В случае небольшой ширины реки — 100—200 м — последняя охватывается съемкой по всей ее ширине с береговой полосой вдоль реки шириной 50—100 м. При большей ширине реки и береговом типе водозабора производится съемка на ширине 100—200 м от уреза воды.

В месте расположения водозабора дополнительно производятся разбивка и нивелировка не меньше трех поперечников: одного по оси водозабора и по одному выше и ниже на расстоянии 20—50 м.

Перечисленные топографические работы независимо от способа съемки ограничиваются урезами воды, в пределах которых производятся промеры глубин воды зимой со льда, а летом — с лодки или вброд. Промеры в зависимости от ширины реки производятся через 2—10 м.

Все высотно-плановые съемки и разбивка осей сооружений на месте обязательно закрепляются установкой плановых и высотных знаков — столбов и реперов, которые связываются с опорной сетью общегосударственной съемки. При проведении топографических изысканий в плановом и высотном отношении отмечаются и снимаются встречающиеся реперы, марки на сооружениях, водомерные посты и гидрометрические створы, отметки горизонтов высоких вод на жел.-дор. и иных мостах, горизонты ледоходов и др.

Топографические изыскания привязываются к знакам общегосударственной съемки; в результате работы составляются:

- 1) отчет о целях и характере произведенных топографических изысканий;
- 2) планы в горизонталях;
- 3) продольные и поперечные профили по осям сооружений.

При предварительных изысканиях составляется план территории с нанесением на нем станции и предполагаемых мест основных водопроводных сооружений, как то: места забора воды, плотины, насосных станций, сооружений для обработки воды, подземных и напорных резервуаров и трассы напорного водовода; в результате детальных изысканий составляется более подробный план с нанесением жел.-дор. узла, с подробным указанием всех станционных сооружений — депо, вагоно- и паровозоремонтных заводов, пассажирских и других зданий со

всем путевым хозяйством станции — стрелками, контрольными столбиками и т. д. На плане должны быть нанесены все здания производственного значения, намечаемые кварталы жел.-дор. поселков и близрасположенных населенных мест, если последние намечается охватить водоснабжением; на плане же наносятся существующие скважины или колодцы и иные водопроводные устройства, если таковые имеются.

Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования

Инженерно-геологические исследования дают общую оценку условий ведения сооружений при использовании открытых источников водоснабжения и характеристику мест, наиболее пригодных для устройства водохранилищ, узлов, сооружений и т. д. Они достаточно полно осуществляются при проектировании и устройстве водохранилищ и предусматривают выполнение:

- 1) инженерно-геологической съемки чаши водохранилища и района расположения гидротехнических сооружений;
- 2) опытно-полевых инженерно-геологических и гидрогеологических исследований;
- 3) лабораторных исследований;
- 4) отчета с обработкой данных.

Задачей инженерно-геологических съемок по чаше водохранилища и в районе расположения сооружений является выяснение основных геологических характеристик района и гидрогеологических особенностей с характеристикой режима подземных вод. Особенное внимание должно быть обращено на изучение оползневых и карстовых явлений, если таковые имеют место в районе изысканий.

Характеристика современных речных отложений представляет существенный интерес. При наличии сейсмических явлений в районе это обязательно должно учитываться.

При составлении технических проектов используются результаты геологической съемки, которая базируется на буровых и шурфовых работах и описании обнажений в районе съемки.

В местах расположения плотины водосбросных и водозаборных сооружений, так же как и по чаше водохранилища, производятся геологические разведки с применением разведочных выработок буровых скважин, шурфов, канав, штолен и др., заглубляемых до коренных водонепроницаемых пород — глины, скалы и пр.

Важным является проведение тщательных разведок местных строительных материалов — глины, песка, камня, гравия и др. с целью выяснения запасов и качества материалов.

Геологические разведки под плотину производятся обычно по трем основным створам с заложением по основному створу выработок на расстоянии в среднем 10—50 м в зависимости от однородности геологического строения, а по остальным створам — несколько реже.

При разбивке в месте расположения водозабора трех створов расположение геологических выработок приурочивается к последним, причем наибольшее количество выработок располагается на основном створе. Геологические выработки по осям водосбросных и водозаборных сооружений располагаются на расстоянии в среднем 10—50 м с заглублением обычно до коренных пород.

Опытно-полевые инженерно-геологические и гидрогеологические исследования заключаются:

- 1) в выяснении фильтрационных свойств грунтов в основании сооружений;
- 2) в изучении физико-механических и строительных свойств пород в местах расположения сооружений.

То и другое требует:

а) проведения опытных откачек, а иногда нагнетания воды на специальных опытных участках или же в отдельных скважинах;

б) изучения режима подземных вод с целью установления направления и скоростей потока;

в) постановки специальных полевых опытов по определению фильтрационных свойств пород;

г) опытных исследований физико-механических и строительных свойств пород в специальных или разведочных выработках.

Полевые и лабораторные геологические исследования сводятся к изучению:

1) гранулометрического или механического и минералогического состава пород;

2) физических свойств пород, к каковым относятся: удельный и объемный вес, пористость, водопроницаемость, влагоемкость, водопоглощаемость и водоотдача, водоустойчивость (размокание), пластичность, влажность и др.;

3) механических свойств пород, к каковым относятся: коэффициент внутреннего трения, угол естественного откоса, сопротивление сдвигу и др.;

4) химических свойств грунтов и анализа воды;

5) строительных свойств грунтов — допускаемые давления.

Все материалы полевых и лабораторных инженерно-геологических исследований подвергаются дополнительной камеральной обработке, после чего составляется специальный отчет.

При устройстве водозабора на реках с регулированием только горизонтов воды часто объем инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий сокращается.

При устройстве водозабора при естественном режиме реки инженерно-геологические и гидрогеологические исследования ведутся в месте расположения водозабора.

В результате проведения инженерно-геологических и гидрогеологических исследований составляются:

1) отчет об исследованиях, включающий в себя описание района, характеристику и результаты произведенных геологических разведок, полевых и лабораторных исследований и основные выводы;

2) карта инженерно-геологической съемки района и чаши водохранилища в масштабе (примерно) $1/5\,000$ — $1/10\,000$;

3) гидрогеологические профили по осям сооружений и по чаше водохранилища в масштабе: горизонтальном $1/5\,000$ и вертикальном $1/100$ — $1/500$ с нанесением горизонта грунтовых вод;

4) геологические профили в месте расположения плотины в масштабе: горизонтальном $1/2\,000$ — $1/5\,000$, вертикальном $1/200$ — $1/500$ с нанесением горизонтов грунтовых вод.

Гидрологические исследования

В задачу гидрологических исследований входят ознакомление с существующими гидрометрическими постами и метеорологическими станциями, сбор материалов наблюдений, их систематизация и дополнительная обработка. На основании этих материалов, если они окажутся достаточными, делаются основные выводы о водоносности и условиях использования поверхностных источников водоснабжения. Выводы эти служат основанием для разработки схемы водоснабжения и проектного задания. Одновременно, если в этом есть необходимость, составляется программа дополнительных изысканий с организацией новых водомерных постов и метеорологических станций для проведения наблюдений в течение годовичного периода.

В результате обработки материалов гидрометрических и метеорологических наблюдений составляются подробные гидрологические и климатические очерки с полной оценкой источников, имеющих в обследуемом районе.

Таким образом, по своему содержанию гидрологические исследования могут быть разделены на гидрометрические работы и собственно гидрологические исследования.

Гидрометрические работы включают:

1) сбор гидрометрических и гидрологических материалов по исследуемой реке и по ряду соседних бассейнов, находящихся в сходных с изучаемой рекой климатических и гидрологических условиях;

2) устройство новых водомерных постов и гидрометрических створов и организация на них водомерных наблюдений;

3) периодическое определение скоростей движения воды и расходов реки;

4) изучение наносов, переносимых рекой в различные периоды года;

5) организация и ведение наблюдений над испарением с водной поверхности, температурным режимом, замерзанием реки, зимним стоянием ледяного покрова, вскрытием реки и ледоходом;

6) приведение всех водомерных наблюдений на одной и той же реке к условному горизонту, вычисление уклонов и определение мгновенных уровней;

7) обработку данных гидрометрических наблюдений и составление отчета о проведенных гидрометрических работах с приложением всех полевых материалов.

Гидрологические исследования предусматривают:

1) оценку данных гидрометрических наблюдений с точки зрения их достоверности и дополнительную гидрологическую обработку;

2) составление климатического и гидрологического очерков реки и ее бассейна с установлением основных климатических и гидрологических характеристик.

Составляя описание реки, используемой в качестве источника водоснабжения, необходимо иметь данные о нормах стока, годовых отклонениях стока от нормы и о характерных расходах реки (максимальном и минимальном) и скоростях течения воды при различных горизонтах в сечении, намеченном для устройства водозаборных сооружений. Для проектирования плотины, водозабора, насосных станций весьма существенно определение характерных горизонтов (горизонт самых высоких вод, меженный горизонт, горизонт самых низких вод, горизонт ледостава и его начало, горизонт ледохода и его длительность).

Большое значение при определении величины стока имеют гидрометеорологические данные, касающиеся осадков, величины снегового покрова, плотности снега и продолжительности снеготаяния, испарения с водной поверхности, температуры воздуха, силы ветра, влажности и пр. При мелководных реках с малыми расходами и вероятном устройстве водохранилища данные эти весьма важны для характеристики общей водоносности реки, нормы стока, отклонения годовых объемов стока от нормы и др.

Для мелководных рек, но с дебитом, обеспечивающим потребность станции в воде, изыскания должны дать материал о глубинах реки на характерных ее участках — плессах и перекатах с характеристикой перемещения последних вдоль реки. Должно быть также изучено направление течения реки в выбранном месте (при помощи поплавков) и получены данные о возможных наносах, в особенности донных. Изыскания для мелководных рек, касающиеся определения стока, имеют так же большое значение и при использовании оврага или балки для создания водохранилища. Весь этот изыскательский материал позволит дать рациональную схему и конструкцию водозаборного сооружения. В случае забора воды из большой реки гидрологические изыскания упрощаются, так как на таких реках имеются водомерные посты и гидрометрические станции с многолетним периодом наблюдений, результаты которых частично приводятся в справочниках по водным ресурсам и могут находиться в соответствующих организациях. Здесь лишь приходится увязать отметки места водозабора с существующими отметками водомерных постов. Весьма существенны данные о шуге — донном льде.

При предполагаемом заборе воды из озер изыскания должны дать материал о размерах и емкости водоема при различных отметках воды, площади зеркала водоема и глубинах, данные о балансе воды в годы обычные, маловодные и многоводные и, следовательно, гидрологическую характеристику источников, питающих озеро. Кроме того, здесь важны данные о заилинии.

При компоновке сооружений в процессе проектирования необходимо иметь сведения о силе и направлении ветра. Распределение ветров по их направлению, скорости и повторяемости представляется на топографическом плане в виде розы ветров. Производственные приемы по гидрологическим исследованиям и гидрометрическим работам были изложены выше.

Описание характера и объема санитарно-технических, экономических и организационно-строительных изысканий дается ниже применительно ко всем видам источников для целей водоснабжения.

§ 5. Источники водоснабжения—подземные воды

Подземные воды при достаточном дебите чаще всего используются для питьевых целей. При небольшой жесткости или невысокой стоимости обработки в целом ряде случаев они являются предпочтительными (сравнения оборонного порядка) перед другими источниками и для питания паровозов.

Эти обстоятельства послужили основанием к более подробному освещению вопросов, связанных с изысканиями этих вод.

Характеристика рассматриваемых источников водоснабжения и характеристика геологических и гидрогеологических условий исследуемых подземных вод даются предварительно на основании данных ранее произведенных исследований, литературных источников и рекогносцировочного обследования (объезд и осмотр имеющихся глубоких скважин, обнажений, шахтных выработок и пр.). В соответствии с данными геологических и гидрогеологических исследований могут быть намечены общая схема использования источников, схема сооружений и устройств, а также разработана программа изысканий по отдельным объектам общей схемы:

1. **Топографические изыскания.** Топографические изыскания в районах, где имеются подземные (чаще артезианские) воды, сводятся к планово-высотной съемке с составлением плана в горизонталях в масштабе $1/1\,000$ — $1/5\,000$ с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м. В местах расположения отдельных скважин и насосных станций производится более подробная планово-высотная съемка в масштабе $1/200$ — $1/500$ с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м.

2. **Гидрогеологические изыскания.** Гидрогеологические изыскания позволяют в достаточной степени изучить режим подземных вод — направление потока, дебит и качество воды.

При наличии вод, залегающих на глубине до 40—50 м, могут быть воды безнапорные и напорные; при больших глубинах — это обычно напорные воды.

Исследования требуют ряда подготовительных работ, подробного рассмотрения и изучения имеющегося материала по геологии, гидрологии и гидрогеологии района, подробного изучения имеющихся скважин и т. д.

Если имеющихся материалов для суждения о наличии подземных вод недостаточно, то производится гидрогеологическая съемка, устанавливающая состав и мощность пород и характер напластования водоносных и водонепроницаемых пород. Изучаются естественные обнажения пород в обрывах, оврагах, склонах гор, карьерах и иногда производится шурфование. Одновременно выясняется и палеонтологический характер, позволяющий иметь суждение о возрасте отложений.

Характер залегания пород позволяет ориентироваться в вопросе наличия и распространения подземных вод.

Вместе с геологическим строением местности изучаются и выходы ключей. На составляемой топографической карте наносятся данные о геологическом строении в результате изучения его по колодцам, шахтам, исследованиям обнажений пород и иногда небольших обследований с использованием бурового инструмента. Отмечаются породы, характер залегания, степень выветривания, трещиноватость, падение, простираание и водоносность пластов. Отмечаются наличие сбросов, оползней, обвалов, общий рельеф, особо подробно выходы подземных и грунтовых вод, поверхностные источники и т. д.

По выполнении гидрогеологической съемки составляются продольные профили (разрезы) с показанием водоносных пород и горизонтов, позволяющие ориентироваться при определении водоносного горизонта района съемки в радиусе в нескольких километрах от станции и дающие возможность выбора точек для заложения разведочных и разведочно-эксплуатационных скважин.

При глубоком залегании подземных вод (примерно более 60—70 м) и малой обнаженности района (не в горной местности) гидрогеологическая съемка имеет

меньшее значение. В этом последнем случае для ориентировочного обследования может быть применена электроразведка. Один из методов электроразведки — метод сопротивлений — основан на том, что при наличии подземных вод сопротивление грунта при прохождении через него электрического тока уменьшается.

Для безнапорных вод для случая движения подземного потока в песках с диаметром зерен меньше 1 мм изыскания ограничиваются определением поперечного сечения водоносного слоя, его пористости и скорости течения потока:

$$Q = p \cdot F \cdot u,$$

где Q — расход;

p — коэффициент пористости;

F — площадь поперечного сечения потока;

u — скорость движения потока.

Расход определяется также путем откачки из одной или двух скважин и наблюдения за влиянием откачки на рядом расположенные (наблюдательные) скважины.

При нахождении водоносного слоя на глубине примерно до 50—60 м можно заложить три скважины, располагаемые в вершинах треугольника со сторонами 50—100 м и более.

Замеряя одновременно уровни воды в указанных скважинах, можно по отметкам воды построить карту гидроизогипс — линий с одинаковыми отметками уровня воды.

Направление потока перпендикулярно направлению гидроизогипс. Из треугольника может быть определен и уклон потока. Например, отметки уровня воды (фиг. 500):

В скважине	1-й — 104 м
»	2-й — 107 »
»	3-й — 101 »

Превышение уровня в скважине 2-й над уровнем в скважине 3-й равно 6 м.

Соединяя 1 с точкой, имеющей отметку +104, получаем гидроизогипсу.

Скорость течения потока определяется наблюдениями за движением растворов красящего вещества (флюоресцеина, флюорантрона или специальных красок — голубой анилиновой и других) в направлении по падению потока, нормальном к гидроизогипсам. То или иное красящее вещество применяется в зависимости от свойств воды. Можно использовать и растворы поваренной соли; раствор запускается в центральную скважину; далее появление раствора наблюдается в одной из наблюдательных скважин, расположенных на 0,5—3 м, в зависимости от водопроницаемости породы.

Отбор проб для определения скорости течения потока производится через определенные

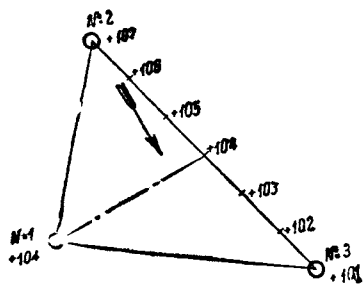
промежутки: от нескольких минут для трещиноватых пород до 1—5 час. и более для зернистых пород вплоть до появления воды, хорошо окрашенной или с увеличенным содержанием хлоридов. Тогда

$$u = \frac{l}{T},$$

где l — расстояние между скважинами;

T — время.

Коэффициент пористости водоносного слоя определяется измерением объема воды, вливаемой в образец грунта из водоносного слоя. Для определения расхода необходимо измерить поперечное сечение водоносного слоя в направлении, нормальном к направлению движения воды. Для этого составляется поперечный профиль по гидроизогипсе, после чего и определяется поперечное сечение потока (фиг. 500а).



Фиг. 500

Как определение скорости, так и определение коэффициента пористости, вообще говоря, не точны: первое — вследствие возможного неравномерного строения грунта, второе — вследствие неодинаковых плотностей и расположения грунта в водоносном пласте и в приборе при определении коэффициента пористости.

При напорных водах и большой глубине скважин о потоке и его мощности судят по опытной откачке из скважин. Глубина скважины диктуется залеганием водоносного горизонта. Кроме центральной скважины иногда закладываются контрольные минимального диаметра на расстоянии 5 и 25 — 30 м и более в зависимости от ожидаемого радиуса депрессии.

В ряде случаев при глубоком залегании водоносного слоя разведочная скважина проектируется так, чтобы она могла быть и эксплуатационной (конечный диаметр не менее 150 мм). При наличии в водоносном горизонте песка или мелкого гравия скважины оборудуются фильтром, конструкция которого зависит от породы.

При прохождении скважиной нескольких водоносных горизонтов после исследования одного горизонта последний должен быть изолирован от следующего горизонта.

Тампонаж скважины производится одним из описанных выше методов.

Во время бурения детально изучается геологический разрез, отбираются образцы, указывается характер образца, глубины взятия и т. д.

При вскрытии водоносного горизонта бурение вначале прекращают, определяют горизонт воды и далее вновь продолжают на некоторую глубину и производят наблюдения за уровнем воды и температурой.

Предварительное измерение уровней можно произвести специальным отвесом.

Для установления дебита скважины осуществляются опытные откачки. Дебит определяется наполнением водой из скважины какого-либо резервуара, водосливом и т. д.

В случае самоизливающейся скважины опытная откачка может быть произведена для определения максимального дебита скважины.

Испытание скважины. Опытная или пробная откачка вначале ведет к очистке скважины от оставшегося после бурения бурового шлама или очистке мелкого песка в порах водоносного горизонта вокруг фильтра. Такая откачка должна протекать при достаточном дебите скважины до полного осветления воды. Далее ведется пробная откачка для установления дебита, который зависит от мощности водоносного горизонта и соответственного понижения уровня (динамического) в скважине.

Определение дебита ведется при различных динамических горизонтах.

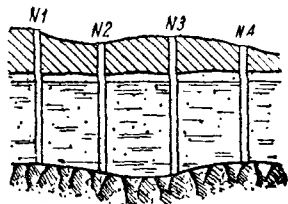
Пробная откачка позволяет найти зависимость между дебитом и понижением уровня, необходимую для решения вопросов, связанных с проектированием водоснабжения станции или района.

Иногда при неглубоком залегании водоносного горизонта для определения характера кривой депрессии (понижения) кроме испытываемой скважины устраиваются скважины меньшего диаметра — наблюдательные — на расстоянии примерно 5 и 25 — 30 м от основной.

При проектировании нескольких скважин предварительное определение кривой депрессии позволяет установить экономически выгодное расстояние между отдельными скважинами.

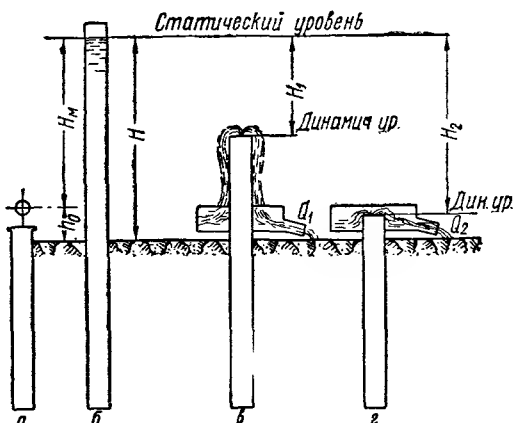
Возможен случай, когда близко расположенные скважины не влияют друг на друга, а расположенные на большем расстоянии оказывают влияние. Это может иметь место при трещиноватых скальных породах, при которых направление и величина трещин, пройденных скважиной, различны.

В случае самоизливающихся скважин статический уровень может быть определен манометром, установленным на заглушке у отверстия скважины (фиг. 501, а) или так, как показано на фиг. 502.

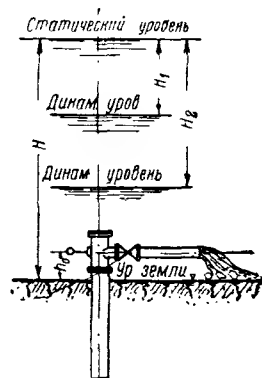


Фиг. 500а

При небольшом напоре статический уровень можно определить, наращивая трубу (фиг. 501, б). Срезая трубу, дают возможность изливаться воде из скважины; кромка срезанной трубы даст примерную отметку динамического уровня (фиг. 501, в и г).

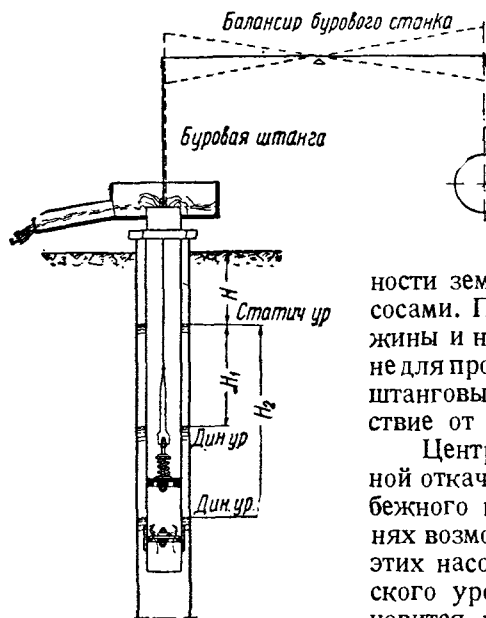


Фиг. 501



Фиг. 502

Определяя при этом дебит скважины (вода стекает в лоток и далее проходит через водослив или к мерному резервуару), находят зависимость между дебитом и понижением уровня воды в скважине. То же может быть получено и при устройстве по схеме, изображенной на фиг. 502. Согласно этой схеме при увеличении открытия задвижки — различных дебитах — имеют место различные динамические уровни, определяемые при помощи манометра. При малой производительности самоизливающейся скважины испытание может производиться откачкой.



Фиг. 503

Откачка воды из скважин. Откачка при незначительном расстоянии отметки воды от поверх-

ности земли может производиться различными насосами. При небольших производительностях скважины и низко расположенном динамическом уровне для пробной откачки можно использовать простой штанговый поршневой насос, приводимый в действие от балансира бурового станка (фиг. 503).

Центробежный насос мало применим для пробной откачки; применение горизонтального центробежного насоса при высоких динамических уровнях возможно лишь в пределах высоты всасывания этих насосов (фиг. 504); при понижении динамического уровня работа центробежного насоса становится невозможной.

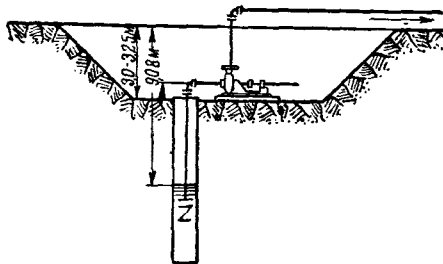
Приведение в действие центробежного насоса осуществляется нефтяным двигателем, реже локомотивом и очень редко электродвигателем.

При значительных дебитах для пробной откачки большое удобство представляет использование эрлифта, приводимого в действие передвижным агрегатом, состоящим из двигателя и компрессора. Монтаж временной установки эрлифта прост, притом последний работает бесперебойно, даже при содержании в воде песка и раздробленной породы (начало откачки).

В процессе откачки приходится изменять погружение форсунки эрлифта, увеличивать производительность последнего и т. д.

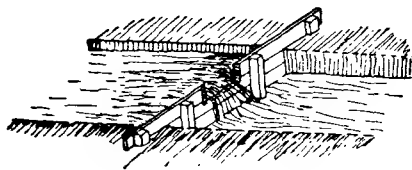
Пробные откачки производятся для трех-четырех различных производительностей (три-четыре точки кривой зависимости дебита от понижения уровня).

Воду, подаваемую из скважины после замера, отводят от скважины, не давая возможности проникать ей обратно в скважину.



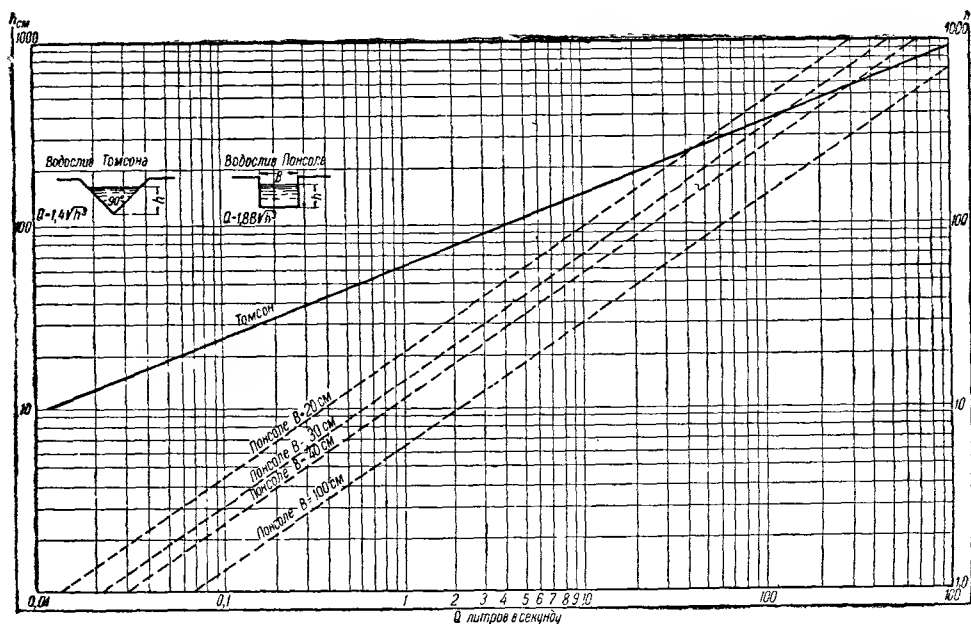
Фиг. 504

Производительность скважины может определяться мерным резервуаром и по треугольному водосливу Томсона или четырехугольному —



Фиг. 505

Понсоле, вырезанному в щите из строганных досок. Щит с водосливом устанавливается в конце лотка, отводящего воду из скважины. Лоток перед водосливом должен иметь длину в 4—5 раз большую ширины водослива; кромки водослива должны быть гладкими; дно лотка должно быть строго горизонтально. Измерение состоит в определении высоты уровня воды в лотке над кромкой водослива, определяемой на некотором расстоянии от водослива как разность между высотой уровня воды над дном лотка и высотой кромки водослива.



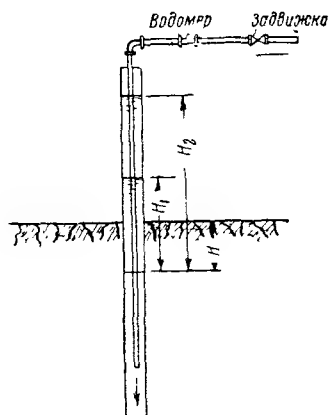
Фиг. 506

На фиг. 505 показано измерение расходов водосливом.

В процессе изысканий вычисления для определения расхода водослива удобнее вести по номограмме фиг. 506. Дебит скважины может определяться и по водомеру (при отсутствии песка в воде), устанавливаемому на отводе от скважины. В отдельных случаях дебит скважины может быть определен обратным путем, т. е. не откачкой, а нагнетанием в нее воды насосом (фиг. 507).

При наполнении скважины вода поднимается по ней выше статического уровня и тем выше, чем большее количество воды подается в скважину. Здесь существует такая зависимость: если при подаче в скважину a л/сек воды уровень поднимается на $h = H_2 - H_1$ метров выше статического, то при откачке из скважины a л/сек уровень понизится на ту же величину h метров. Этим методом можно пользоваться при значительной производительности скважины и отсутствии соответствующих насосов для откачки или при малых диаметрах пробной скважины (до 75—100 мм), не позволяющих вследствие стесненности произвести откачку насосом, а равно при наличии чистой воды для нагнетания ее в скважину.

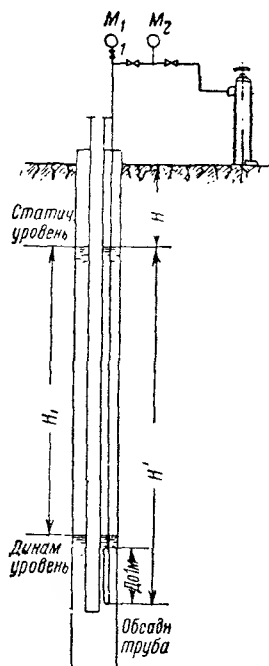
Измерения статического и динамического уровней. Определение статического



Фиг. 507

и динамического уровней воды в скважине при неглубоком положении уровня может быть произведено рейкой или шнуром, покрываемым легко смываемой краской; при глубоком стоянии уровня воды существует ряд электроприборов, позволяющих определять статический и динамический горизонт; действие приборов основано на замыкании электроцепи при контакте с водой.

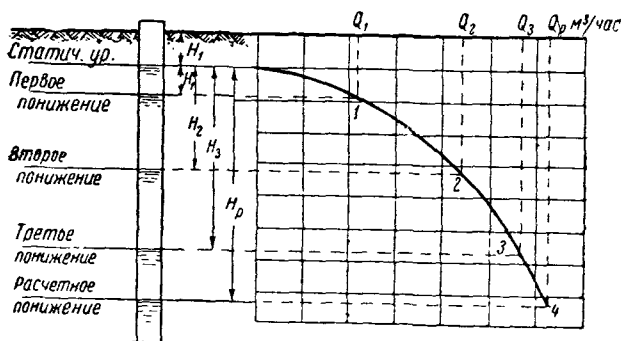
Для той же цели может быть применен пневматический показатель уровня (фиг. 508), состоящий



Фиг. 508

из небольшого переносного компрессора воздушного насоса автомобильного типа, воздушного колпака, выполненного из куска газовой трубы длиной до 1 м, диаметром 25—50 мм, двух манометров M_1 и M_2 , пробных кранов и соединительных труб диаметром 12,5 мм для подвески воздушного колпака в скважине.

Вначале предварительно определяют положение уровня шнуром и подвешивают воздушный колокол (колпак) ниже наиболее низкого динамического уровня (определенного предварительно). После подвески колокола компрессором создают давление, превышающее погружение колокола под статическим уровнем, и перепускают небольшое количество воздуха в воздушный колокол, вытесняя из него и воздушных труб воду. Показания манометра M_1 будут соответствовать высоте столба воды над воздушным колоколом.

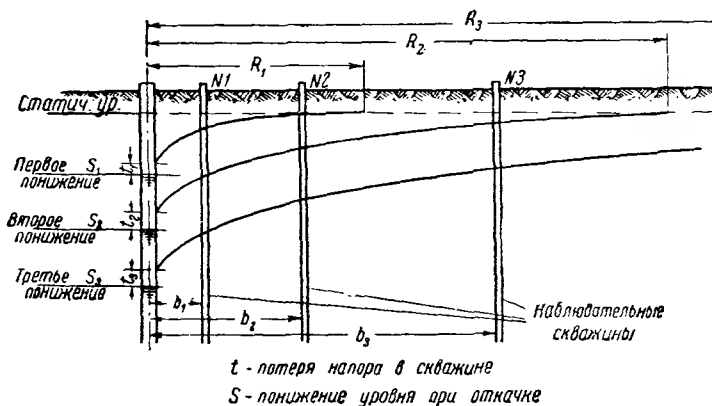


Фиг. 509

Определяя ряд таких высот перед откачкой и во время откачки при разных дебитах, получают понижение динамического уровня в соответствии с разными дебитами. Для более точных отсчетов устанавливают не пружинные манометры, а дифференциальные.

В результате пробной откачки строится кривая зависимости дебита скважины от понижения уровня воды (фиг. 509).

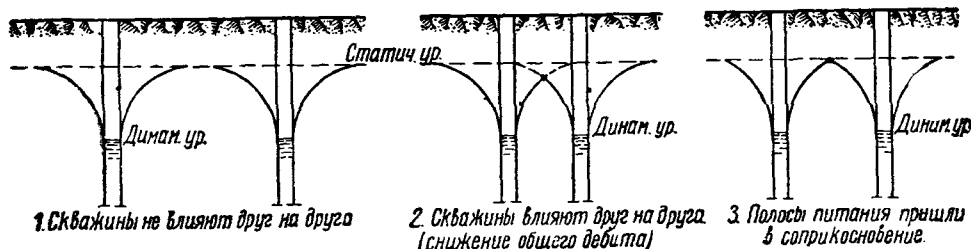
Кривые депрессии (фиг. 510) могут быть построены в результате наблюдения за понижениями уровня воды в упомянутых выше наблюдательных скважинах, располагаемых на расстоянии 5 и 25 м и более в зависимости от предполагаемой величины радиуса депрессии. Наблюдения за уровнями во всех скважинах ведутся по возможности одновременно.



Фиг. 510

Определение производительности скважины по удельному дебиту, полученному в результате откачки при незначительном понижении (значительно меньше того понижения, которое ожидается для расчетной производительности), может явиться лишь ориентировочным. При глубоком залегании водоносного горизонта выполнение ряда наблюдательных скважин является дорогим.

Можно заложить две скважины, как рекомендует проф. Малишевский, (фиг. 511) на линии, нормальной к направлению потока. Скважины испытываются откачкой вначале поочередно, а затем одновременно. До тех пор пока скважины не влияют одна на другую, т. е. полосы питания не пришли в соприкосновение, уменьшение дебита каждой из скважин при работе обеих не наблюдается.



Фиг. 511

При дальнейшем увеличении дебита каждой скважины и понижении уровня наступает момент снижения общего дебита двух скважин (полосы питания пересекаются); соответствующие этому моменту дебиты скважин q_1 и q_2 при данном динамическом уровне позволяют найти максимальный расход подземного потока при данном динамическом уровне на 1 пог. м ширины потока:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2l},$$

где l — расстояние между скважинами.

Эта величина может служить для определения необходимой ширины потока для заданного расхода.

В результате изысканий кроме гидрогеологической карты с показанием участков с наличием подземных вод, глубины их залегания, дебита и т. д. составляются план расположения разведочных скважин, гидрогеологические профили к плану с отметками устья, статических и динамических уровней, геологические разрезы по скважинам, кривая зависимости дебита от понижения, данные о влиянии соседних скважин и т. д.

Кроме того, прилагаются анализы воды, описание фильтров, типа водоподъемника и составляются выводы по проведенным гидрогеологическим изысканиям.

При производстве буровых работ особое внимание уделяется подбору бурового инструмента и оборудованию для откачки воды.

Работа начинается с установки вышки над скважиной, рытья неглубокого (1,5—2,00 м) шурфа и далее установки первого звена обсадных труб. Бурение производится ручное или механическое.

В качестве источников могут быть использованы грунтовые воды, выходящие на поверхность в виде ключей.

Поиски источников и изучение района позволяют обнаружить водоносные пласты, выклинивающиеся по склону. Нередко на склонах обнаруживаются туфы, что указывает на наличие источника; иногда можно наблюдать небольшой ручеек из открытого горизонта, прикрытого какой-либо породой; увлажнение склонов, специфическая окраска породы и пр. указывают на наличие таких источников; часто вода выбивается ключом.

Изыскания сводятся к топографическим работам (нивелировка места для каптажа), буровым работам, необходимым для выяснения мощности горизонта и направления подземного потока, определению дебита источника и колебаний этого дебита в течение года, температуры воды, выяснению возможности промерзания источника зимой, производству анализов воды и т. д.

Топографические изыскания сводятся к проведению планово-высотной съемки участков распространения выходов грунтовых вод с составлением плана в горизонталях в масштабе примерно $\frac{1}{1\,000}$ — $\frac{1}{5\,000}$ с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м.

В местах расположения каптажных сооружений производится высотнo-плановая съемка в более крупном масштабе с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м. Места выхода вод нивелируются с привязкой нивелировки к общей съемке.

Геологические и гидрогеологические исследования. В районе питания и выхода этих вод производится геологическая съемка на имеющейся топографической основе. Проведение геологических разведок — бурение, шурфование, расчистка склонов, оврагов и др. — имеет целью получение необходимых материалов для составления геологической карты, выяснения мощности водоносного горизонта, направления и скорости движения грунтовых вод. Для изучения мощности потока могут проводиться длительные пробные откачки; выясняется существование взаимного влияния грунтовых вод разных горизонтов и поверхностных вод.

При отсутствии выхода грунтовых вод на поверхность организуются длительные гидрогеологические исследования по изучению их; определяются колебания уровней, дебит, температура, качество воды и т. д. Вообще желательно повторное определение дебита и температуры воды осенью и зимой и т. д. Места геологических и гидрогеологических разведок (скважины, шурфы и расчистки), а также все пункты наблюдений над режимом грунтовых вод должны быть привязаны в плановом и высотном отношении к существующим съемкам.

В результате изысканий составляются план местности, где расположен источник, с указанием выхода, предполагаемого расположения каптажа, а также геологический разрез места выхода источника и водоносного горизонта, питающего источник, а равно выводы об использовании источника в целях водоснабжения с данными, необходимыми для проектирования каптажных сооружений, с указанием желательного типа каптажного сооружения и мер предохранения каптажного сооружения от загрязнения.

Связь грунтового потока с поверхностными водами. В отдельных случаях необходимо выяснить наличие взаимного влияния потока грунтовой воды и поверхностных вод. Такое взаимное влияние может быть определено построением гидроизогипс. Здесь могут быть следующие случаи:

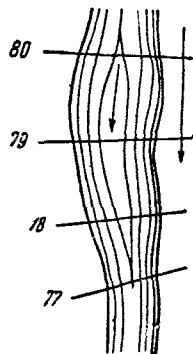
а) между подземными и поверхностными водами не существует связи, они являются независимыми; направление гидроизогипс показано на фиг. 512;

б) грунтовые воды поступают в реку; направление гидроизогипс показано на фиг. 513;

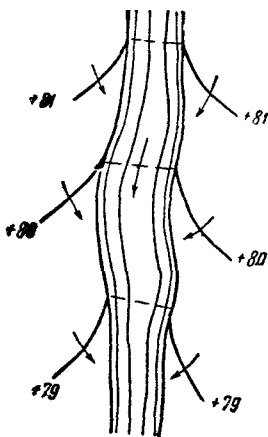
в) река отдает свою воду в грунт; направление гидроизогипс показано на фиг. 514;

г) строение берегов таково, что на одном берегу река получает грунтовую воду, а на другом — отдает свою воду в грунт; направление гидроизогипс показано на фиг. 515.

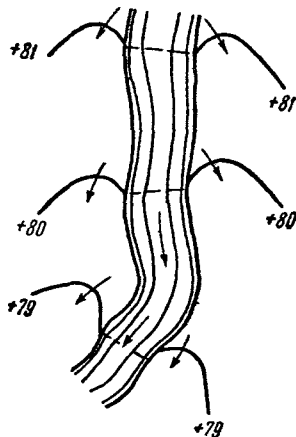
Колебания уровней воды и температур ее также могут позволить установить связь грунтовых вод с поверхностными. При наличии такой связи повышение уровня воды в реке ведет к одновременному повышению уровня грунтовых вод; повышение температуры речной воды летом поведет также к повышению температуры грунтовой воды, и наоборот, заметное понижение температур воды в отдельных местах реки укажет на приток грунтовых вод. Взаимную связь между рекой и грунтовыми водами можно установить также и по солевого составу воды; лучше всего это наблюдать во время паводков, когда солевой состав речной воды резко изменяется. При большом обмене воды между рекой и подземным источником это может быть обнаружено определением расхода воды по двум створам; увеличение расхода реки укажет на имеющее место питание реки за счет подземных вод, уменьшение — на обратное.



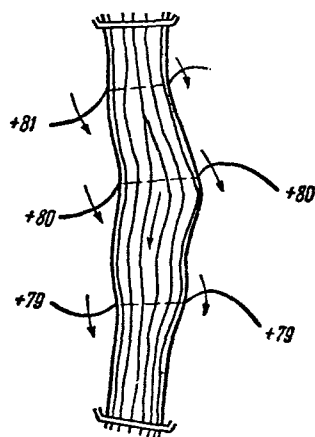
Фиг. 512



Фиг. 513



Фиг. 514



Фиг. 515

Источник водоснабжения — инфильтрационные воды

Как указывалось, для целей водоснабжения в отдельных случаях могут быть использованы речные инфильтрационные воды, которые, проходя через толщу грунта, собираются в специально устроенных колодцах и галереях. Характер и объем изысканий для забора этих вод частично повторяют изыскания открытых источников водоснабжения и частично изыскания грунтовых вод с проведением дополнительных работ в местах расположения водозаборных сооружений. Здесь требуются:

1) устройство разведочных скважин и шурфов с целью изучения геологического строения берега реки на длине расположения сборных колодцев и галлерей;

2) проведение пробных откачек с целью изучения фильтрационных свойств грунтов, скорости фильтрации и расхода потока и степени заиливаемости грунтов;

3) выяснение взаимного влияния грунтовых и инфильтрационных вод в зависимости от колебания горизонта воды в реке и удаления опытных скважин или шурфов от уреза воды.

§ 6. Изыскания трассы напорных линий

Изыскания трассы напорных линий ведутся с целью выбора наименьшей длины линий и прокладки их в наиболее благоприятных грунтах. Необходимо избегать прокладки линий в плывунах или скальных грунтах. Таким образом, изыскание трассы выходит за пределы чисто топографических изысканий.

Пересечения трассы линий с речками, балками, ручьями, жел.-дор. полотном и т. д. снимаются подробно, и для такого места составляется профиль перехода линии. Отметки воды при проходе весенних и ливневых вод имеют важное значение при пересечении трассой балки или оврага.

Напорный водовод желательно трассировать по кратчайшему расстоянию, но пересечение напорной линией балки или оврагов удорожает производство работ (в отдельных случаях это может вызвать необходимость постройки дорогостоящих акведуков).

Трассировка по населенному месту менее желательна, а в случае неизбежности таковой, как трасса, так и глубина заложения труб, должны быть увязаны с уже проложенными или намечаемыми к прокладке электрическими, телефонными кабелями и т. д. Расстояние между двумя напорными линиями должно приниматься значительным и желательно не менее 10—15 м; по специальному заданию это расстояние может приниматься большим.

При трассировке напорной линии расстояние ее должно быть не менее 5 м от подошвы откоса насыпи.

При неблагоприятных местных условиях приходится составлять несколько вариантов трассы и производить выбор ее на основании экономического сравнения.

Топографические изыскания по трассам напорных водоводов в первой стадии изысканий сводятся к выбору общего направления трассы, нивелировке и составлению плана и продольного профиля трассы и при составлении технического проекта в основном сводятся к уточнению и некоторой детализации изысканий, произведенных ранее к проектному заданию или схеме.

Направление трассы зависит от места расположения водопотребителей, рельефа местности и прочих условий, указанных выше. Для трассировки линии необходимо пользоваться картографическим и плановым материалом и начинать с рекогносцировочных обследований; съемка трассы должна быть привязана в высотном и плановом отношении к соответствующим знакам государственной съемки.

В зависимости от числа водоводов и расстояния между ними планово-высотная съемка участка производится вдоль трассы напорных водоводов шириной в среднем около 20—50 м с составлением плана в масштабе $\frac{1}{2\,000}$ — $\frac{1}{5\,000}$ с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м. Продольный профиль трассы составляется в масштабе: горизонтальном $\frac{1}{2\,000}$ — $\frac{1}{5\,000}$ и вертикальном $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{200}$.

В местах перехода напорных водоводов через реки, староречья, балки, овраги, шоссе, дороги, под мостами и пр. производится высотно-плановая съемка в более крупных масштабах— $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{500}$ с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м и составлением продольных профилей в масштабе: горизонтальном $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{500}$ и вертикальном $\frac{1}{50}$ и $\frac{1}{100}$. Места переходов, встречающиеся по трассе: строения, огороды, сады и пр. наносятся на общий план.

Геологические и гидрогеологические изыскания. По трассе напорного водовода необходимо выявить характер грунтов; для этой цели закладывается ряд разведочных скважин глубиной примерно до 4 м на расстоянии друг от друга 200 м и более в зависимости от характера геологического

строения; особо отмечаются заболоченность, глубина залегания грунтовых вод, установившийся уровень их и качество воды в смысле корродирующего действия. При наличии одной напорной линии и проектировании другой для проектирования переключения их снимаются поперечные профили с указанием отметок заложения труб и пр.

Большое значение при трассировке линии имеют данные о глубине промерзания почвы.

В местах переходов через реки, староречья, овраги и пр. геологические разведки (скважины, шурфы и др.) располагаются на расстоянии 10—30 м и составляют геологические профили. В местах расположения таких сооружений, как дюкеры, акведуки и др., скважины и шурфы заглубляются обычно на 3—4 м ниже основания этих сооружений.

§ 7. Изыскания в районе потребления воды и расположения сооружений

Топографические изыскания. В районе потребления воды, территории жел.-дор. станции, узла или населенного пункта производится плано-высотная съемка с составлением плана в горизонталях в масштабе $\frac{1}{2\,000}$ — $\frac{1}{10\,000}$.

Для отдельных участков, на которых предполагается возведение сооружений (насосных станций, водонапорных башен, очистных сооружений), высотно-плановая съемка производится в более крупном масштабе — $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{1\,000}$ с сечением горизонталей через 0,5—1,0 м. Трассы водоводов и всех магистралей сети разбиваются на месте с составлением продольных профилей и соблюдением ранее отмеченных условий трассировки.

Геологические и гидрогеологические исследования. Геологические и гидрогеологические исследования сводятся к уточнению геологии в местах расположения сооружений. Отмечаются характерные места — оползневые участки, заболоченность и др.; определяются горизонты грунтовых вод. Далее изучаются физико-механические, химические, строительные и фильтрационные свойства грунтов в основании сооружений и иногда частично по трассе водоводов.

Перед составлением проектного задания и далее технического проекта необходимо получить и уточнить ряд данных экономического и статистического порядка. Сюда относятся сведения о всех потребителях воды, особенно по удовлетворению поездных и всех производственных нужд, числе жителей населенного пункта, числе рабочих депо и заводов по цехам и сменам, сведения о перспективах жилищного строительства, схема планировки населенного пункта с распределением населения по плотности, этажности и пр., сведения о числе и характере всех предприятий, потребляющих воду, в том числе общественных и коммунальных, с указанием коэффициентов неравномерности. Необходимы подробные данные о существующем водоснабжении (если таковое имеется), об источниках электроэнергии, стоимости ее, о предполагаемом развитии электрической сети, о ресурсах местного топлива, возможности и стоимости подвозки его, о стоимости реагентов и их подвозки. Сюда, наконец, относятся данные о наличии местных строительных материалов и о возможной доставке их, а равно о заводах, производящих отдельные строительные материалы, о возможности размещения рабочих, удовлетворения их бытовых нужд и т. д.

§ 8. Особенности изысканий в районах вечной мерзлоты

Водоснабжение в условиях вечной мерзлоты является сложной задачей. Использование источников, а равно и изыскания имеют здесь свои особенности. При устройстве жел.-дор. водоснабжения в качестве источников в условиях вечной мерзлоты могут быть, вообще говоря, использованы реки, грунтовые воды, ключи, выходящие на дневную поверхность, и артезианские воды.

Значительная часть рек зимой промерзает здесь до дна, протекая в подрусловых наносах. Весенние паводки незначительно повышают горизонты. Летние па-

водки для рек с большими уклонами представляются в этом отношении более серьезными. В начале зимы в значительной степени наблюдается донный лед, в мелких местах и перекатах встречаются наледи. Толщина промерзания воды в реках доходит до 1,5 м. Большинство рек с малыми расходами и притом имеющие неблагоприятный зимний режим без зарегулирования не может быть использовано в качестве источника водоснабжения, а недостаточная изученность вопросов постройки плотин в этих условиях (сооружение на мерзлом грунте) заставляет избегать использование таких рек как источников водоснабжения. При невозможности использования иных источников водоснабжения особо важными становятся мерзлотно-геологические изыскания вследствие необходимости устройства плотины (отепляющее действие воды может привести к оттаиванию основания под плотиной и тогда возможно ее разрушение).

Для предупреждения оттаивания и обеспечения устойчивости основания требуются специальная конструкция плотины, выбор соответствующего материала и способа производства работ, специальные наблюдения за тепловым режимом основания, режимом близрасположенных грунтовых вод, если таковые имеются, режимом реки и мерзлого слоя.

Для устройства водозабора намечается участок с наиболее тонким ледяным покровом или глубокий плес. Организуются водомерные посты, отмечаются уровни воды, глубина воды, толщина льда, шуга, дается краткая характеристика ледяного покрова, замеряются температуры воздуха и воды, производится измерения скорости и расхода поплавками (на непромерзших участках) или опилками, забрасываемыми в лунку одного створа и замечаемыми в лунках другого створа.

Максимальные горизонты реки, скорость течения и расходы определяются и во время ледохода, а также — характер и время окончания последнего. Весь материал должен охарактеризовать зимний режим реки с начала ледостава и до конца ледохода в такой степени, чтобы можно было выявить степень надежности источника и наметить схему водоснабжения и схему сооружений.

Изыскания в месте расположения водохранилища и плотины мало отличаются от таковых в обычных условиях. Плотины должны предусматриваться усиленной конструкции, так как паводки несут значительное количество лесных коряг и пр.

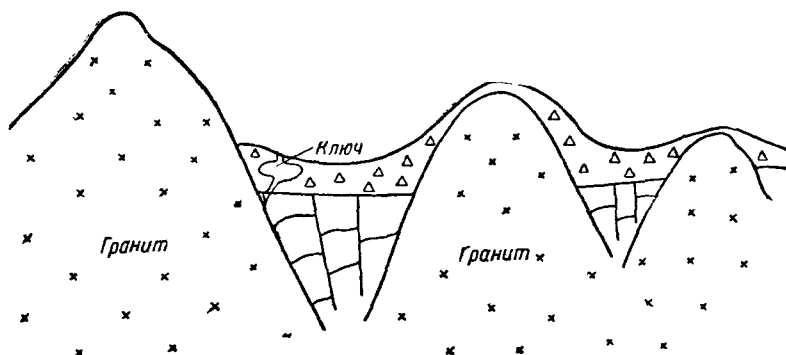
Подземные воды имеют в районах вечной мерзлоты большое распространение. В виде грунтовых вод они обнаруживаются здесь над вечной мерзлотой в толщах речных наносов, в долинах рек деятельного слоя.

Режим межмерзлотных грунтовых вод непостоянен вследствие периодического промерзания и оттаивания перекрывающих их слоев. Дебит их и направление меняются и, несмотря на хорошее качество этих вод, они могут быть использованы лишь для небольших расходов, не будучи надежными источниками водоснабжения. Изыскания обычно производятся в феврале — марте и состоят в гидрогеологической съемке (изучении условий залегания и выходов), в определении направления и скорости потока, дебита, уровней и температуры, в выявлении общей геологии (шурфование и бурение) и т. д. При этом следует иметь в виду, что отклонение потока зимой вследствие промерзания может быть значительным. Эти воды имеют внешние признаки — бугры и вспучивания на поверхности. Приняв обследованный талик грунтовой воды в качестве источника водоснабжения, намечают наиболее приемлемый тип каптажа, устраиваемого обычно в виде колодцев или галлерей. Составляется план в масштабе $\frac{1}{2\,000}$ с показанием границ талика, скважин, шурфов и пр., составляются гидрогеологические профили с показанием глубин промерзания, оттаивания, с показанием водоносных горизонтов, уровней воды и т. д.

Подземные воды в районах вечной мерзлоты встречаются и в виде ключей, выходящих на дневную поверхность; это — глубокие подмерзлотные артезианские воды, проникшие через трещины сброса в коренных породах, граните, сланцах и известняках, образовавшие талик и вышедшие на поверхность (фиг. 516). У выхода ключей часто наблюдаются богатая растительность, бугры с наклоненными деревьями, и зимой мокрые наледи. Дебит ключей постоянен, температура более высокая ($+1^\circ$ и выше) и постоянная, и так как при этом дебит часто значителен по

своей величине (до 1 000—2 000 м³ в сутки), то такие ключи в этих условиях считаются наиболее надежным источником водоснабжения.

Распространение талика в горизонтальном направлении зависит от грунта, в котором движется поднимающаяся вода. Наполняющая талик вода может, таким образом, иметь питающим источником подмерзлотную воду. Обычно изыскания ключей производятся в феврале — марте. Обнаружив наледи и самые ключи,

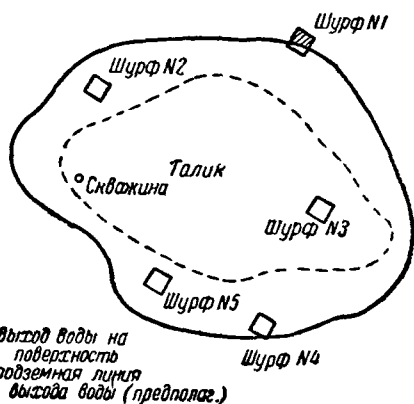


Фиг. 516

закладывают скважины, определяют геологический характер места. Колебания уровня воды в скважинах при бурении могут свидетельствовать о различной степени глинизации горных пород и о различном насыщении их водой. На схеме фиг. 517 показано расположение шурфов, заложенных с целью выяснения точных границ таликовой площадки и выбора наиболее рационального места и типа каптажных сооружений.

В результате изысканий оконтурены таликовые площадки, выбраны типы каптажных сооружений (шахтные колодцы в месте выхода ключа) и схема водоснабжения.

Артезианские воды залегают под вечной мерзлотой в коренных породах с положительной температурой; изыскание их производится при детальном изучении гидрогеологии района. Техника бурения и испытания скважин здесь имеет свои особенности и сильно усложняется необходимостью проходки в слое вечной мерзлоты. В этом случае буровой инструмент приходится предохранять от примораживания; это достигается впуском в скважину трубок с паром от парового котла, бурением с промывкой подогретой водой, иногда нагретым инструментом, непрерывной работой инструмента и т. д.



Фиг. 517

Испытание скважины (откачка) в целях предохранения частей насоса (штангового) от замерзания должно производиться без остановки.

Исследования грунтов под фундаментами насосных станций и прочие сооружения являются в условиях вечной мерзлоты серьезной задачей. Для основания сооружений (плотины, насосные станции и т. д.) наиболее надежными грунтами являются скальные породы (если они не выветрены); относительно хорошими грунтами являются также песчаные, гравелистые и галечные, в особенности если они не увлажнены водами.

Наиболее неблагоприятными грунтами являются мерзлые глинистые и илистые грунты, обычно насыщенные водой (льдом), при замерзании вспучивающиеся и при оттаивании разжижающиеся.

Трассировка водоводов в условиях вечной мерзлоты имеет также свои особенности. При составлении профиля водовода кроме всех прочих данных необходимо указать границы рыхлых грунтов, коренных пород и вечной мерзлоты, а также отметить места, где заложены скважины и шурфы. Трассу следует выбирать в грунтах, не подвергаемых увлажнению, ибо последние при оттаивании могут разжижиться, а водовод подвергнуться разрушению. Если этого избежать нельзя, то предусматривают отвод воды от трассы (дренаж). Изыскания трассы сопровождаются заложением шурфов для выявления теплового режима грунтов. Измерения температур производятся на разных глубинах (до 3 м). На плане трассы указываются шурфы и характер покрова (кустарник и пр.).

§ 9. Изыскания, связанные с выпуском сточных вод

Топографические изыскания. При незначительном расстоянии от сооружений, спускающих сточные воды, до места сброса этих вод (овраги, балки, реки и др.) территория, по которой проходит коллектор, включается в общую съемку площадки.

При значительном расстоянии до места выпуска вод производится трассировка сбросного коллектора с проведением топографических изысканий, аналогичных изысканиям по трассе напорных водоводов.

У самого места выпуска для составления проектного задания необходимо разбить не менее одного створа по оси коллектора через реку или балку с последующей нивелировкой и составлением профиля.

Геологические и гидрогеологические исследования. Геологические и гидрогеологические изыскания трассы сбросного коллектора сводятся к производству геологических выработок и составлению ориентировочного геологического профиля и выполняются в объеме аналогичных изысканий трассы напорного водовода.

Гидрологические исследования и гидрометрические работы. Гидрологические исследования и гидрометрические работы, связанные с выпуском сточных вод в реки, озера, балки и пр., сводятся к установлению основных гидрологических характеристик последних.

Санитарно-технические исследования. При сбросе сточных вод в водоем необходимо изучить последний с точки зрения использования его для целей водоснабжения, рыбного хозяйства, транспорта и т. д. как выше, так и ниже места сброса.

Подробно о санитарно-технических исследованиях сказано далее.

ГЛАВА II

САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ

§ 10. Исследования водоемов и воды

Санитарно-техническое обследование водоема и исследования воды проводятся для решения вопроса о возможности использования источника и пригодности воды для целей водоснабжения.

Санитарное обследование водоема (источника) и близлежащей территории имеет особо важное значение при использовании источника для питьевых целей. Оно позволяет установить возможные виды загрязнения источника, связь его с теми или иными предполагаемыми местами загрязнения (свалки, помойные ямы и поглощающие колодцы, выпуски сточных вод и пр.).

В задачу санитарного обследования входят изучение местных условий, которые могут оказать вредное влияние на состав воды, изучение вопросов, связанных с развитием эпидемий водного характера (брюшной тиф, паратиф, дизентерия), изучение прироста заболеваемости и смертности населения, благоустройства населенного места и т. д.

На основании тщательного обследования близлежащей территории и местонахождения самого источника составляется санитарное описание его.

К а ч е с т в о воды определяется в результате исследования физических свойств воды и ее химического состава в том случае, если вода предназначена только для поездного водоснабжения, а если вода предназначена и для питьевых целей, то дополнительно производятся исследования ее бактериологического состава; в последнем случае часто проводится и биологическое исследование водоема.

Пригодность воды устанавливается в результате сравнения полученных результатов с принимаемыми для данного источника нормами с учетом, естественно, местных данных геологического, гидрологического, метеорологического и санитарного характера.

Определения физико-химических свойств воды позволяют установить:

- 1) наличие в воде солей, ведущих к образованию твердой накипи;
- 2) наличие в воде растворенного кислорода, свободной CO_2 , MgCl_2 и других солей, обуславливающих корродирующее действие;
- 3) наличие в воде солей, обуславливающих щелочную хрупкость металла;
- 4) наличие в воде значительного количества взвешенных веществ, органических веществ и солей, обуславливающих бросание и вспенивание котловой воды;
- 5) наличие в воде отдельных химических соединений, которые сами по себе в тех количествах, в которых они найдены, могут быть безвредными, но наличие которых сигнализирует о возможной связи водоема с некоторыми источниками загрязнения; сюда относятся: аммиак, азотистая кислота и пр.;
- 6) наличие таких колебаний физических свойств и химического состава, которые при определенных условиях указывают на неблагополучие источника в санитарном отношении; например, для глубоководных артезианских вод, обладающих постоянством состава и температуры, колебания химического состава и температуры могут сигнализировать о возможном неблагополучии источника с санитарной точки зрения (прорыв воды из другого горизонта);
- 7) наличие в воде Fe , Mn , H_2S и пр., наличие различных комбинаций солей и физических свойств, предвещающих схему обработки воды, и т. д. и т. п.

Цикл исследования должен быть годичный (особенно для поверхностных источников).

Б а к т е р и о л о г и ч е с к о е исследование воды сводится к определению общего числа бактерий и титра *Coli*. Общее количество колоний бактерий после посева 1 см^3 воды на питательной среде допускалось в питьевых водах различным (от 50 и выше) и потому могло служить лишь для сравнительной оценки. Чаще это количество принимали равным 100.

Современные требования: число колоний при отдельных определениях не выше 75 и среднее за год не выше 30 в 1 см^3 .

П а т о г е н н ы е бактерии (возбудители брюшного тифа, паратифа, дизентерии) в силу несовершенности и сложности методики бактериологических исследований очень редко удавалось выделить из воды (за исключением холерного вибриона, сравнительно легко выделявшегося бактериологами из проб воды во время холерных эпидемий). Современные требования к воде в бактериологическом отношении сводятся к определению показателя фекального загрязнения источников воды — группы кишечной палочки (постоянно имеющейся в кишечнике человека и животных). Вода не должна содержать возбудителей инфекционных болезней и кишечной палочки.

Наименьший объем, в котором найдена кишечная палочка (как указывалось), носит название титра кишечной палочки. Следовательно, необходимо считать, что титр 10, титр 1, титр 0,1 характеризуют подозрительную, плохую и очень плохую воду. Вода, используемая для питьевых целей на жел.-дор. транспорте, должна иметь титр *Coli* не меньше 300 см^3 .

Б и о л о г и ч е с к о е исследование, проводимое для санитарной оценки водоема, основано на определенных отношениях между внешней средой, характером и степенью развития водных организмов.

Биологическое исследование ведет не к изучению воды, а водоема во всем его целом (вода, дно, берега и т. д.), и должно ответить на вопрос, какова степень загрязнения водоема, каков характер загрязнения и как протекает процесс естественного самоочищения в водоеме.

Исследования должны обязательно проводиться при низком стоянии воды, причем полная картина загрязнения получается при годовом цикле исследования и во всяком случае в течение второй половины лета, осенью и части зимы. Особое внимание при биологическом исследовании должно уделяться таким местам, как плотины, перекаты и т. д.

Методы биологического исследования водоемов состоят в изучении бентоса, планктона, флоры высших растений, фауны высших животных и одновременно физико-химических свойств воды в момент исследования. Одновременно с качественными и количественными определениями населения водоема и донных отложений (моллюски, черви, личинки и пр.) собираются сведения о водном режиме и в частности об этом режиме в момент исследования. По характеру и степени развития в водоеме определенных видов растений и животных судят о загрязнении водоема и его самоочищающей способности.

По отношению к степени загрязнения различаются: полисапробная группа, встречающаяся обычно в очень грязных водах (химический и бактериологический анализы указывают в этих случаях на загрязнение органическими отбросами, — число бактерий может достигать до 1 млн. в 1 см³ и выше), мезасапробная группа, встречающаяся в более чистой и более удовлетворительной с санитарной точки зрения воде (в этом случае развивается большее количество водорослей, число бактерий меньше, вода обладает растворенным кислородом и способна к самоочищению), и олигосапробная группа, встречающаяся в чистых водах (высшие организмы более сложного биологического строения).

Все методы исследования являются самостоятельными и при решении вопроса о загрязненности водоема должны применяться одновременно. Значение бактериологического исследования подчеркивается при оценке питьевых вод и для контроля над работой фильтровальных станций; значение химического исследования подчеркивается при оценке вод для снабжения водой паровозов и удовлетворения производственных нужд, а равно для контроля над работой умягчительных станций и биологического — при оценке характера загрязнения водоема (усвоение различными организмами органических веществ, загрязняющих воду, степень разложения этих веществ и т. д.), а также (вместе с химическим) для контроля работы сооружений по очистке сточных вод.

Биологическое исследование водоема, выполнимое относительно быстро, дает указания о наиболее целесообразном расположении пунктов взятия в нем проб, а также позволяет сравнительно быстро предварительно изучить водоем на большом протяжении перед подробным химическим и бактериологическим его исследованием.

Отбору проб для анализа должно придаваться серьезное значение; здесь должны быть устранены элементы случайности.

Оценка воды для строительства

Необходима оценка воды в смысле действия ее на бетон. Такое действие оказывают агрессивные воды. Вредными для бетона являются сернокислые соли в воде (MgSO_4), свободная углекислота, гуминовые кислоты и воды с pH меньше 6; сероводород, сульфиды и сульфаты вредны для бетона.

§ 11. Изыскания к проектированию санитарных охранных зон

Как уже указывалось, для питьевого жел.-дор. водоснабжения необходимы мероприятия, охраняющие источник воды и воду в сооружениях от загрязнения. Организация санитарных охранных зон, предусматриваемая советским законодательством, является основой и комплексом таких мероприятий. Изыскания к проектированию охранных зон связаны с тремя видами последних:

1) зона строгого режима — территория, на которой расположены места забора воды, водопроводные сооружения, как то: очистные сооружения, установки для хлорирования, резервуары чистой воды и т. д.;

2) зона ограничения — территория, непосредственно примыкающая к источнику, другие источники, могущие влиять на качество воды данного источника, и окружающая территория с сооружениями, населением и пр.; в зоне ограничения

осуществляются мероприятия по упорядочению спуска сточных вод, по упорядочению очистки нечистот и отходов, по благоустройству территорий и регулированию пользования ими, по регулированию и использованию самого источника, по упорядочению самого водоснабжения в охранной зоне и т. д.;

3) зона наблюдений, в которой осуществляются мероприятия, касающиеся борьбы против желудочно-кишечных (водных) эпидемий.

Составлению проекта предшествует обследование санитарного порядка. Сюда входит изучение материала, касающегося санитарного состояния бассейна питания источника, санитарного состояния самого источника, его притоков и других близких поверхностных и подземных вод и касающегося загрязнений и самоочищающейся способности водоема. Сюда входит непосредственно санитарный осмотр указанных объектов, а также сооружений, предприятий, населенных мест, могущих повлиять на источник.

На основании указанных исследований составляется проект зоны санитарной охраны¹, уточняющий границы зоны и разделение ее на части с указанием границ; разрабатываются санитарные требования и мероприятия, касающиеся сооружений и их эксплуатации.

В результате всех проведенных изысканий и исследований составляются отчетные материалы, содержащие в себе:

1) общий отчет, включающий сведения о цели изысканий, объеме и характере произведенных работ, основные выводы по отдельным разделам изысканий с приложением технических документов;

2) отчеты по отдельным видам изысканий: топографическим, геологическим, гидрогеологическим, гидрологическим, климатологическим, санитарно-техническим, экономическим и т. д., с указанием объема и методики изысканий, выводами и приложением основных технических документов.

ГЛАВА III

СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА ВОДОСНАБЖЕНИЯ²

§ 12. Общие положения

Установлены следующие стадии проектирования: а) проектное задание; б) технический проект со сметой к нему; в) рабочие чертежи.

Проектное задание позволяет выявить техническую возможность и наметить целесообразную схему нового или реконструкции существующего водоснабжения на основании всесторонних изысканий; оно содержит данные для составления технического проекта и ориентировочного определения стоимости строительства и себестоимости воды. Технический проект решает все технические вопросы строительства, определяет объем и стоимость работ в целом и в отдельных частях и определяет методы производства строительных работ. Рабочие чертежи дают детальное решение отдельных конструкций.

§ 13. Состав и содержание проектного задания

Проектное задание водоснабжения составляется после соответствующих изысканий и изучения (при реконструкции) существующего водоснабжения.

Исходные данные для проектирования

А. Общие данные вне зависимости от типа источника

- 1) о всех потребителях воды жел.-дор. станции;
- 2) о существующем водоснабжении жел.-дор. станции, поселка и пр.
- 3) о наличии промышленных, коммунальных, общественных и иных предприятий в районе проектируемого объекта;

¹ Подробно см. «Положение о проектировании зон санитарной охраны» от 7/V 1938 г.

² Настоящая глава не относится к разделу «Изыскания», однако печатание ее целесообразно после изложения «Изысканий».

- 4) о численности населения и перспективах его роста;
 - 5) об этажности застройки (станции, поселка) и перспективах дальнейшей планировки;
 - 6) о наличии электроэнергии, надежности снабжения, силе и напряжении тока, стоимости 1 кв-ч; о наличии местного топлива;
 - 7) о местных материалах, пригодных для строительства, и их стоимости;
 - 8) общий климатологический и метеорологический очерк района проектирования (осадки, температура, влажность, испарение, ветры и пр.);
 - 9) гидрогеологическое описание района проектирования с указанием возможности использования открытых и подземных источников воды;
 - 10) о глубине промерзания почвы (глубине залегания вечной мерзлоты и глубине максимального оттаивания);
 - 11) о грунтах, стоянии грунтовых вод и их химическом составе (в местах устройства основных сооружений и укладки труб);
 - 12) геологический профиль по трассе напорной линии и геологические колонки под водонапорные и очистные сооружения, насосную станцию и прочие сооружения;
 - 13) о качестве воды источников (физико-химический и бактериологический анализы воды), предполагаемых к использованию;
 - 14) о биологическом обследовании источников, загрязнениях источников сточными водами и пр.;
 - 15) карта района с указанием возможных источников водоснабжения с нанесением жел.-дор. путей, шоссейных, грунтовых дорог и населенных пунктов;
 - 16) план станции в горизонталях через 1,0 м в масштабе $1/2\ 000$ с нанесением всех сооружений¹;
 - 17) продольный профиль по напорной линии с поперечниками, полосой примерно 50 м в масштабе $1/2\ 000$ — $1/5\ 000$;
 - 18) планы по трассе напорных линий в горизонталях через 1 — 2 м с шириной полосы не менее 50 м;
 - 19) план места устройства водозаборных сооружений, насосных станций и других сооружений в масштабе не менее $1/1\ 000$ с сечением горизонталей через 1 м.
- Б. Данные по источникам водоснабжения

Присоединение к существующим водопроводам:

- 1) описание существующего жел.-дор. водопровода (коммунального, промышленного, если предполагается присоединение к последним);
- 2) данные о местах присоединения и диаметре магистралей с отметками их заложения;
- 3) данные о количестве воды, которое может быть получено от водопровода, и минимальных давлениях в местах присоединения;
- 4) данные о стоимости отпускаяемой воды (присоединение к коммунальному и промышленному водопроводам);
- 5) данные о качестве воды;
- 6) согласование присоединения к водопроводу (коммунальному и промышленному).

Поверхностные источники, не требующие регистрации:

- 1) план участка реки в горизонталях через 1—2 м в масштабе $1/2\ 000$ — $1/5\ 000$;
- 2) профили по створу проектируемого водозабора;
- 3) данные об уклоне реки на участке проектируемого водозабора;
- 4) профили живых сечений реки;
- 5) данные о направлении и скорости течения воды при разных ее горизонтах, о размыве берегов, образовании и отложении наносов, донном льде;
- 6) о характере вскрытия рек, влиянии дождей, таянии снегов, данные о горизонтах воды (за многолетний период);

¹ Масштабы здесь и далее указаны примерные.

7) геологический профиль по створам намечаемого водозабора в масштабе $1/100 - 1/500$.

Искусственные водохранилища:

1) план участка под водохранилище в горизонталях примерно через 1 м в масштабе $1/2\ 000 - 1/5\ 000$;

2) профиль по ложу водохранилища и по створу плотин и водозаборных сооружений;

3) геологический профиль по створу намечаемых плотин и водозабору в масштабе $1/100 - 1/500$ и геологическая характеристика по чаше водохранилища;

4) данные о бассейне водохранилища: характер растительности, почва, рельеф и пр., а также характер питания водохранилища открытыми водотоками и подземными водами.

Подземные источники

Для неглубоких подземных вод составляется:

1) гидрогеологическая карта опытного участка в масштабе $1/1\ 000 - 1/2\ 000$ с нанесением скважин, шурфов, гидроизогипс, ширины грунтового потока и пр.

Для всех случаев:

2) план опытного участка с нанесением разведочных скважин и пр.;

3) гидрогеологические разрезы по разведочным скважинам;

4) графики колебаний уровней воды в скважинах, депрессионные кривые, кривые откачек и дебит скважин;

5) таблицы температуры воды и пр.

Проектное задание по водоснабжению состоит из следующих документов:

1. Пояснительная записка, содержащая в себе:

1) обоснование необходимости строительства нового водоснабжения или реконструкции существующего;

2) краткую характеристику объекта водоснабжения;

3) краткое описание природных условий, имеющих существенное значение при проектировании водоснабжения: рельеф, грунты, грунтовые воды, температуры, атмосферные осадки и пр.;

4) принятый расчетный год для проектирования;

5) данные о размерах движения, сериях паровозов, весе поездов, размещении пунктов водоснабжения, расходах воды на перегонах и пр., а также о перспективах развития движения;

6) данные о прочих потребителях и перспективы роста водопотребления;

7) принятые нормы водопотребления;

8) коэффициенты неравномерности расхода воды;

9) подсчет суточного расхода воды на производственные и хозяйственно-питьевые нужды;

10) данные о системе пожаротушения, числе пожаров, могущих тушиться одновременно, пожарных напорах, секундных расходах на каждый пожар и т. д.;

11) данные об источнике водоснабжения: обоснование выбора его с технической, экономической, оборонной и санитарной точек зрения;

12) водохозяйственные расчеты (в случае зарегулирования реки);

13) сравнение вариантов; обоснования к выбору наиболее экономического варианта;

14) обоснование выбора типа, размеров и габаритов сооружений и их места расположения и описание важнейших проектируемых сооружений и режима их работы;

15) гидравлические расчеты сооружений;

16) намеченную систему обработки воды; принятые расчетные данные;

17) соображения об энергоснабжении, типах тепловых резервов и т. д.;

18) ориентировочную стоимость строительства водоснабжения по очередям (по укрупненным измерителям);

19) ориентировочную эксплуатационную смету с определением себестоимости 1 м³ воды.

К пояснительной записке прилагаются систематизированные данные полевых работ и документы о согласовании соответствующих вопросов с санитарным надзором, пожарной охраной и пр., а также материалы по организации зоны санитарной охраны источника и основные положения для составления проекта организации работ.

2. Ч е р т е ж и:

1) генеральный план расположения всех устройств водоснабжения и основных сооружений в масштабе не менее $\frac{1}{5\ 000}$;

2) план станции, поселка и предприятий с нанесением водопроводных сетей и всех сооружений в масштабе $\frac{1}{2\ 000}$;

3) эскизные чертежи водозаборных сооружений, насосных станций, водонапорных резервуаров и др. с указанием основных размеров, материала, конструкций и оборудования в масштабе $\frac{1}{100}$ (кроме типовых чертежей с ссылкой на таковые);

4) схемы движения воды (от места забора ее) через все основные сооружения.

§ 14. Состав и содержание технического проекта водоснабжения

Технический проект составляется на основе утвержденного проектного задания и детальных изысканий и должен давать кроме технических и гидравлических расчетов полную конструктивную разработку сооружений с расчетами конструкций в увязке с местными условиями и методами производства работ.

1. Исходные данные для проектирования

Для составления технического проекта в зависимости от местных условий должны быть проведены дополнительные изыскания и собраны дополнительные данные кроме полученных для составления проектного задания.

О б щ и е д а н н ы е

1. План участка расположения насосной станции, водозаборных и прочих сооружений в горизонталях через 0,5 м с нанесением всех существующих сооружений в масштабе $\frac{1}{500}$.

2. Геологические колонки под водонапорные резервуары и другие сооружения.

3. Данные о начале и конце строительного сезона.

4. Подробные данные о местных строительных материалах, о карьерах песка, камня и пр., а также о рабочей силе.

Д а н н ы е п о и с т о ч н и к а м

а. Поверхностные источники

1. План участка под плотину в горизонталях через 0,5 м с нанесением всех существующих сооружений, буровых скважин, створов намеченной плотины в масштабе $\frac{1}{500}$.

2. Продольный профиль по створу плотины с показанием горизонтов самых высоких, самых низких и межених вод (даты за многолетний период).

3. Продольный профиль по оси водозабора и два вспомогательных (выше и ниже) с показанием горизонтов самых высоких, самых низких и межених вод (даты за многолетний период).

4. Подробные геологические профили по оси водозабора и оси плотины и два вспомогательных (ниже и выше плотины) с показанием скважин, уровня воды, отметок устья скважин и пр.

5. Продольный геологический профиль по чаше водохранилища.

6. Данные опытных и лабораторных работ по определению фильтрационной способности основания плотины и чаши водохранилища.

7. Данные опытных и лабораторных работ по определению углов естественного откоса грунтов и пр.

б. Подземные источники

1. Данные о разведочно-эксплуатационных скважинах и произведенных откачках: места расположения, глубины скважины, гидрогеологические разрезы, отметки статического уровня, отметки динамического уровня, дебит, температуры воды и пр.

2. Графики колебания уровня воды в скважинах и депрессионные кривые.

3. Анализы воды из скважин.

II. Технический проект водоснабжения состоит из следующих документов

1. Пояснительная записка, содержащая:

1) краткую характеристику пункта водоснабжения, описание существующих устройств водоснабжения, подсчет суточного расхода воды, обоснование принятого источника, санитарное состояние и пр., принятые в проектном задании с уточнениями, внесенными при разработке технического проекта. При отсутствии изменений прилагается соответствующая часть пояснительной записки к проектному заданию;

2) описание окончательно принятой схемы водоснабжения;

3) подробные технические и гидравлические расчеты всех сооружений и водопроводной сети;

4) расчеты по определению типа и мощности механического оборудования и характеристика оборудования. Подробное описание и расчеты, связанные с энергоснабжением, устройством теплового резерва и пр.;

5) расчеты основных сооружений с описанием конструкций и принятых материалов; в случае проектирования плотины — расчет устойчивости и прочности последней;

6) краткие обоснования и расчеты отопления и вентиляции; выбор основного оборудования для устройства отопления и вентиляции;

7) эксплуатационную смету с определением себестоимости 1 м³ воды;

8) обоснования выбранных методов производства строительных работ с основными расчетами и необходимыми материалами по организации строительства — план осуществления строительства. Подсчеты объемов работ, потребность в материалах, механизмах, подсобных предприятиях, план обеспечения рабочей силой, культурно-бытовое обслуживание и пр.;

9) необходимую документацию (акты о согласовании проекта с рядом органов).

2. Чертежи:

1) генеральный план расположения всех устройств водоснабжения в масштабе не менее $\frac{1}{5\,000}$;

2) план жел.-дор. станции, поселка, заводов, главных мастерских и пр. с горизонталями через 1 м в масштабе не менее $\frac{1}{2\,000}$;

3) план источника водоснабжения и участков расположения водозаборных сооружений, насосных станций, очистных сооружений и пр. в масштабе не менее $\frac{1}{500}$ с горизонталями через 0,5 — 1,0 м;

4) план района гидротехнических сооружений в пределах подпора в масштабе $\frac{1}{500} — \frac{1}{1\,000}$;

5) водозаборные сооружения (планы и разрезы) в масштабе не менее $\frac{1}{100}$, конструкции в масштабе $\frac{1}{50}$;

6) насосные станции (план, разрезы) с размещением оборудования в масштабе не менее $\frac{1}{50}$; фасады в масштабе $\frac{1}{100}$;

7) водонапорные резервуары (планы и разрезы) в масштабе не менее $\frac{1}{50} — \frac{1}{100}$;

8) сооружения для обработки (планы и разрезы) в масштабе $\frac{1}{50}$;

9) профиль напорных линий в масштабах: горизонтальном не менее $\frac{1}{5\,000} — \frac{1}{2\,000}$ и вертикальном $\frac{1}{500} — \frac{1}{200}$ с показанием смотровых колодцев, воздушных вантузов, выпусков и переключений;

10) детализовка напорных линий и разводящих сетей в масштабе $\frac{1}{2\,000} — \frac{1}{5\,000}$;

11) переходы под жел.-дор. путями, дюкеры и другие особые сооружения в масштабе $\frac{1}{50} — \frac{1}{100}$;

12) расчетные схемы водопроводной сети для различных случаев и очередей в масштабе не менее $\frac{1}{10\ 000}$;

13) гидротехнические сооружения (план, разрезы) в масштабе $\frac{1}{50} - \frac{1}{100}$;

14) чертежи по берегоукрепительным работам, если таковые предусматриваются;

15) планы зон санитарной охраны;

16) генеральные планы площадок некоторых отдельных сооружений в масштабах $\frac{1}{500} - \frac{1}{1\ 000}$ с показанием расположения зданий, трубопроводов, электрической сети, водопроводной и канализационной сетей этих площадок и т. д.

С о д е р ж а н и е ч е р т е ж е й

а) на генеральном плане водоснабжения указываются все водопроводные сооружения (все головные сооружения, напорные линии, основные магистрали разводящей сети и водонапорные резервуары) с показанием полосы отчуждения и с разбивкой на очереди строительства;

б) на плане жел.-дор. станции, поселка и других объектов водоснабжения должны быть показаны все существующие и проектируемые водопроводные сооружения, а также дороги, проезды, канализация и прочие сооружения с разбивкой на очереди строительства с указанием диаметров труб и длины участков;

в) на конструктивных чертежах должны указываться все размеры, обеспечивающие исчисление физических объемов отдельных частей сооружения, материал конструкций в виде надписей и условных обозначений, марка бетона и пр. Для железобетонных конструкций указываются насыщенность арматуры в процентах и предельные диаметры;

г) на разрезах сооружений, а также на профилях трубопроводов должны быть показаны грунты и горизонты стояния грунтовых вод;

д) чертежи с нанесенными на них трубопроводами, деталями, фасонными частями и оборудованием должны иметь спецификацию и характеристику оборудования.

Метод производства строительных работ должен быть разработан для всех сложных сооружений:

а) для гидротехнических сооружений: плотин, струенаправляющих и берегоукрепительных дамб, водозаборов и др.;

б) для сооружений, выполняемых при наличии обильных грунтовых вод или неустойчивых грунтов;

в) для сооружений, выполняемых опускным или тоннельным способом;

г) для сооружений сложной конструктивной компоновки (водоумягчители и прочие сооружения для обработки воды, насосные станции); состав проекта организации работ должен отвечать методам производства работ по отдельным объектам.

3. Техническая смета, являющаяся единственным документом для определения стоимости.

При составлении проектного задания и технических проектов водоснабжения линии кроме проектов для отдельных станций или других объектов водоснабжения составляется общая краткая пояснительная записка по водоснабжению всей линии, содержащая основные установки, гидрологическую и гидрогеологическую характеристики района проектирования, размещение пунктов водоснабжения, схематический профиль линии с указанием пунктов водоснабжения и перегонных расходов воды, с ведомостью расходов (суточных) воды по станциям и кратким описанием схемы водоснабжений отдельных станций.

§ 15. Рабочие чертежи

Рабочие чертежи должны обеспечить возможность монтажа всех деталей и устройств, конструктивная разработка которых не дана в строительном проекте. Сюда относятся монтажные чертежи трубопроводов, камер переключения резервуаров и др., переходов по жел.-дор. путям, дюкеров, насосных станций, станций обработки воды и т. д. и чертежи строительных деталей всех сооружений.

Проектные задания, технические проекты и сметы к ним подлежат утверждению во всем согласно действующим распоряжениям.